



Docket No. 240931US2

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Kazumasa KODAMA, et al.

GAU: 3611

SERIAL NO: 10/626,644

EXAMINER: WINNER, TONY H

FILED: July 25, 2003

FOR: VEHICLE STEERING CONTROL SYSTEM

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT(S)

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313


SIR:

Certified copies of the Convention Application(s) corresponding to the above-captioned matter:

- ☒ are submitted herewith
- ☐ were filed in prior application filed
were submitted to the International Bureau in PCT Application Number
- ☐ Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.


Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Joseph Scafetta, Jr.
Registration No. 26,803

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 11/04)

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 7 月 2 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 1 7 7 3 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 1 7 7 3 0]

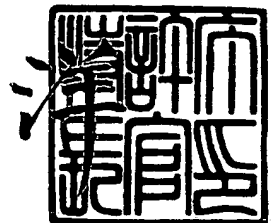
願 人
Applicant(s): 豊田工機株式会社
トヨタ自動車株式会社

CERTIFIED COPY
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 4 年 1 1 月 1 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願

【整理番号】 AX0206056T

【提出日】 平成14年 7月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01R 19/00
G01R 15/00

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町一丁目 1 番地 豊田工機株式会社内

【氏名】 小玉 和正

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市朝日町一丁目 1 番地 豊田工機株式会社内

【氏名】 森 豊

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 小城 隆博

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 河室 巡児

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 中津 慎利

【特許出願人】

【識別番号】 000003470

【氏名又は名称】 豊田工機株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095751

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅原 正倫

【電話番号】 052-212-1301

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003388

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0206138

【包括委任状番号】 0210138

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 車両用操舵制御システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 操舵用のハンドル軸に与えられる操作角と車両の運転状態とに応じて、車輪操舵軸に与えるべき操舵角を決定し、当該操舵角が得られるように前記車輪操舵軸を操舵軸駆動モータにより回転駆動するようにした車両用操舵制御システムにおいて、

前記ハンドル軸の角度位置（以下、ハンドル軸角度位置という）を検出するハンドル軸角度検出部と、

前記車輪操舵軸の角度位置（以下、操舵軸角度位置という）を検出する操舵軸角度検出部と、

前記車両の運転状態を検出する運転状態検出部と、

検出されたハンドル軸角度位置と車両の運転状態とに基づいて前記車輪操舵軸の目標角度位置を決定し、該操舵軸角度位置が前記目標角度位置に近づくように、前記モータの動作を制御する操舵制御部と、

前記操舵軸駆動モータに通電される電流を検出する電流センサと、を備え、

前記操舵制御部は、前記車輪操舵軸の回転を前記ハンドル軸の回転に追従させるために、前記操舵軸角度位置と前記目標角度位置との隔たりに応じて前記操舵軸駆動モータの回転速度を PWM 制御のデューティ比により調整するものであり、

前記操舵軸駆動モータは、直流電源を用いて、各々一方の端にて結合され他方の端が通電端子とされた 2 相のコイルを対として通電がなされ、そのコイル対への通電端子の一方を第一端子、他方を第二端子としたとき、PWM 制御方式として、

前記第一端子を前記直流電源の第一極に接続した状態で非スイッチングとし、前記第二端子を前記直流電源の第二極に接続した状態でスイッチングする第一の方式と、

前記第一端子を前記直流電源の第一極に接続し前記第二端子を前記直流電源の第二極に接続した第一接続状態と、前記第一端子を前記直流電源の第二極に接続

し前記第二端子を前記直流電源の第一極に接続した第二接続状態とが交互に切り替わるようにスイッチングする第二の方式と、が定められ、

前記操舵制御部は、前記操舵軸駆動モータの通電電流が基準値よりも低い第一駆動状態では前記第一の方式となり、また、前記操舵軸駆動モータの通電電流が基準値よりも高い第二駆動状態では前記第二の方式となるように、前記 P W M 制御方式を切り替える P W M 制御切り替え手段を有することを特徴とする車両用操舵制御システム。

【請求項 2】 前記操舵制御部は、前記電流センサによる電流検出結果に基づいて、前記操舵軸駆動モータへの通電を制限するモータ作動制限手段を有する請求項 1 に記載の車両用操舵制御システム。

【請求項 3】 前記ハンドル軸と前記車輪操舵軸とが機械的に分離されてなり、

前記ハンドル軸への手動操作力が前記車輪操舵軸に直接伝達されるように、両軸を一体回転可能にロック結合したロック状態と、該ロック結合を解除したアンロック状態との間で切り替え可能なロック機構が設けられ、

前記モータ作動制限手段は、前記ロック機構を前記ロック状態とし前記操舵軸駆動モータを停止させるロック制御手段を有する請求項 2 に記載の車両用操舵制御システム。

【請求項 4】 前記 P W M 制御切り替え手段は、前記電流センサによる電流検出値と予め定められた閾値とを比較して、その比較結果に基づき前記 P W M 制御方式の切り替える請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の車両用操舵制御システム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明は、自動車等の車両の操舵制御システムに関する。

【0 0 0 2】

【従来技術】

車両の操舵装置、特に自動車用の操舵装置において、近年、その更なる高機能

化の一端として、操舵ハンドルの操作角（ハンドル操作角）と車輪操舵角とを 1 : 1 比率に固定せず、ハンドル操作角の車輪操舵角への変換比（舵角変換比）を車両の運転状態に応じて可変とした、いわゆる可変舵角変換比機構を搭載したものが開発されている。車両の運転状態としては、例えば、車両速度（車速）を例示でき、高速運転時には舵角変換比を小さくすることにより、ハンドル操作角の増加に対して操舵角が急激に大きくならないようにすれば、高速走行の安定化を図ることができる。他方、低速走行時には、逆に舵角変換比を大きくすることで、一杯まで切るのに必要なハンドルの回転数を減少させることができ、車庫入れや縦列駐車あるいは幅寄せなど、操舵角の大きい運転操作を非常に簡便に行なうことができる。

【0 0 0 3】

舵角変換比を可変化する機構としては、例えば特開平 1 1 - 3 3 4 6 0 4 号公報に開示されているように、ハンドル軸と車輪操舵軸とを、ギア比が可変な歯車式伝達部にて直結したタイプのものがあるが、この構成は、歯車式伝達部のギア比変更機構が複雑になる欠点がある。そこで、モータにより車輪操舵軸を回転駆動するタイプのものが、例えば特開平 1 1 - 3 3 4 6 2 8 号公報等に提案されている。具体的には、角度検出部が検出するハンドル操作角と車両運転状態とに応じて定まる舵角変換比とに基づいて、コンピュータ処理により最終的に必要な車輪操舵角を演算し、その演算された車輪操舵角が得られるように、ハンドル軸から機械的に切り離された車輪操舵軸をモータにより回転駆動する。

【0 0 0 4】

このような操舵制御方式においては、車輪操舵軸の回転をハンドル軸の回転に追従させるために、操舵軸角度位置と目標角度位置との隔たりに応じて操舵軸駆動モータの回転速度を PWM 制御により調整することが行なわれている。

【0 0 0 5】

【発明が解決しようとする課題】

上記のような操舵制御方式においては、自動車運転中になされる頻繁なハンドル操作により、車輪操舵軸の回転動作を司るモータの駆動頻度が非常に高くなる。従って、このモータを長期にわたって安定に作動させることが、この種の操舵

制御方式を採用する自動車のメンテナンス性を向上させる上で重要である。例えば、過負荷等による過電流状態が長時間続くと、モータの性能劣化につながりやすくなる。そこで、モータに通電される電流値を電流センサによりモニタし、過電流状態が検出された場合はモータへの通電を制限する等により、モータを適度に保護しながら使用することが有効となる。

【0 0 0 6】

しかしながら、モータの制御方式として P W M 制御が採用されている場合、電源電圧をスイッチングする際に、誘導性負荷特有の大きなフライホイール電流が生じ、電流検出精度が低下してしまう問題が生ずる。

【0 0 0 7】

本発明は、車輪操舵軸の駆動モータを P W M 制御する場合において、モータに通電される電流検出を正確に行なうことができる車両用操舵制御システムを提供することにある。

【0 0 0 8】

【課題を解決するための手段及び作用・効果】

本発明は、操舵用のハンドル軸に与えられる操作角と車両の運転状態とに応じて、車輪操舵軸に与えるべき操舵角を決定し、当該操舵角が得られるように車輪操舵軸を操舵軸駆動モータにより回転駆動するようにした車両用操舵制御システムにおいて、上記の課題を解決するために、

ハンドル軸の角度位置（ハンドル軸角度位置）を検出するハンドル軸角度検出部と、

車輪操舵軸の角度位置（操舵軸角度位置）を検出する操舵軸角度検出部と、

車両の運転状態を検出する運転状態検出部と、

検出されたハンドル軸角度位置と車両の運転状態とに基づいて車輪操舵軸の目標角度位置を決定し、該操舵軸角度位置が目標角度位置に近づくように、モータの動作を制御する操舵制御部と、

操舵軸駆動モータに通電される電流を検出する電流センサと、を備え、

操舵制御部は、車輪操舵軸の回転をハンドル軸の回転に追従させるために、操舵軸角度位置と目標角度位置との隔たりに応じて操舵軸駆動モータの回転速度を

PWM制御のデューティ比により調整するものであり、

操舵軸駆動モータは、直流電源を用いて、各々一方の端にて結合され他方の端が通電端子とされた2相のコイルを対として通電がなされ、そのコイル対への通電端子の一方を第一端子、他方を第二端子としたとき、PWM制御方式として、

第一端子を直流電源の第一極に接続した状態で非スイッチングとし、第二端子を直流電源の第二極に接続した状態でスイッチングする第一の方式と、

第一端子を直流電源の第一極に接続し第二端子を直流電源の第二極に接続した第一接続状態と、第一端子を直流電源の第二極に接続し第二端子を直流電源の第一極に接続した第二接続状態とが交互に切り替わるようにスイッチングする第二の方式と、が定められ、

操舵制御部は、操舵軸駆動モータの通電電流が基準値よりも低い第一駆動状態では第一の方式となり、また、操舵軸駆動モータの通電電流が基準値よりも高い第二駆動状態では第二の方式となるように、PWM制御方式を切り替えるPWM制御切り替え手段を有することを特徴とする。

【0009】

本発明においては、操舵軸駆動モータに通電される電流を電流センサにより検出するとともに、操舵軸駆動モータをPWM制御により回転制御する。そして、該モータの、通電に関与する2相のコイル対のスイッチング方式を、上記のように操舵軸駆動モータの通電電流値（すなわち回転速度）に応じて使い分けることにより、車輪操舵軸の駆動モータがスイッチングされているにもかかわらず、モータに通電される電流検出を常に正確に行なうことができる。

【0010】

具体的には、モータの通電電流レベルが、所定の閾値よりも高い第二駆動状態（特に、急ハンドルを切ったときに生じやすい）では、上記の第二の方式を採用する。この方式の要旨は、コイル対の第一端子と第二端子との直流電源への接続極性が所定のデューティ比により交互に切り替わるようにスイッチングする点にある。方式としては方形波交流通電と類似しているが、印加電圧波形における正半波期間と負半波期間との比率がデューティ比に応じて任意に調整され、両半波の差分に応じてモータ駆動のための平均電圧レベルを生ずる。この第二の方式は

、2つのコイルが正又は負のいずれかの極性にて電源にほぼ常時接続されているために、スイッチングに伴う電源へのフライバック電流（フライホイール電流）がほとんど生じない利点がある。従って、電源からモータへ供給される電流を電流センサにより検出する際に、スイッチングによるフライホイール電流の影響を受けにくく、検出精度を高めることができる。従って、急ハンドル時のような、モータの通電電流レベル（モータの負荷あるいは回転速度にも反映される）が高くなる場合に有利であることは明らかである。

【0 0 1 1】

他方、本発明の対象となる操舵制御システムにおいては、車輪操舵軸の回転をハンドル軸の回転に追従させるために、操舵軸角度位置と目標角度位置との隔たりに応じて操舵軸駆動モータの回転速度をP W M制御のデューティ比により調整する。従って、追従制御が進んで操舵軸角度位置が目標角度位置に接近してくると、オーバーシュートしないように、モータの回転を低速で精密に制御する必要がある。上記第二の方式は、こうした低速領域での精密制御には余り向かない欠点がある。その理由は以下の通りである。すなわち、モータのコイルのスイッチングにはF E Tやバイポーラトランジスタなどの半導体スイッチング素子が用いられるが、このような半導体スイッチング素子に、P W M制御に使用される急峻なスイッチング波形を与えると、出力波形は必ずしも急峻なエッジを示さず、図16に示すような遅れ δt を生ずる。この遅れは、p n接合容量の電荷放電の影響を受けやすいスイッチO F F時に特に生じやすい（従って、高速スイッチングが要求される場合は、接合容量放電の影響がバイポーラトランジスタよりは生じにくいF E Tを用いることが有利である）。

【0 0 1 2】

上記第二の方式では、コイル対の極性反転時に、各コイルのスイッチングを司る半導体スイッチング素子のO N / O F Fを同時に切り替える必要がある。しかし、正極性用の切替信号と負極性用の切り替え信号とを、対応するスイッチング素子に同時に与えると、上記遅れ δt の影響により、短時間ではあるが2つの極性の通電経路が同時に電源接続される不具合を生ずる。そのため、正極性用切替信号と負極性用切替信号との間には、上記遅れ δt を見込んで一定のインターバ

ルを設定する必要がある。該インターバル期間はいずれのコイルも通電されないデッドタイムとなるので、図 1 7 に示すように、P W M 制御においては、このデッドタイムよりも O N 期間が短くなるデューティ比 η は意味を持たない。従って、第二の方式によるモータの特性は低負荷回転側での直線性が悪くなり、例えば目標角度位置への漸近制御を行なうには不向きである。また、デッドタイムの存在により、上記第二の方式により無理に低負荷回転側での制御を行なおうとすると、振動が発生しやすくなる欠点もある。

【 0 0 1 3 】

そこで、本発明においては、モータの通電電流レベルが低くなる低負荷回転領域（第一駆動状態）においては、前記の第一の方式を用いる。該第一の方式は、P W M 制御のスイッチングにおいては、両コイルを同一極性で通電しながら、電源電圧の印加が所定のデューティ比にて O N / O F F される。従って、第二の方式のような極性切り替えに伴うデッドタイムの設定を考慮する必要がないので、図 1 8 に示すように、モータの特性は、低負荷回転領域でも直線性が良好となり、操舵軸角度位置が目標角度位置に近づくときの最終段階や、ゆっくりとハンドルを切った場合などに好適である。また、振動も生じにくい。他方、この方式では、スイッチングが O F F になるときは、コイルには電源電圧が印加されないため、フライバック電流が生じやすいが、デューティ比が小さい第一駆動状態では、これはほとんど問題にならない（発明の実施の形態においては、これを計算例で示している）。

【 0 0 1 4 】

本発明の車両用操舵制御システムには、電流センサによる電流検出結果に基づいて、操舵軸駆動モータへの通電を制限するモータ作動制限手段を設けることができる。このようにすると、例えば電流センサによる電流検出結果が操舵軸駆動モータの過電流状態を示すものとなったとき、モータへの通電が適切に制限され、過度の温度上昇等が抑制されるので、モータ寿命を向上させることができる。そして、本発明により、電流制限が必要となる可能性がある第二駆動状態では、P W M 方式として前記第二の方式を採用することにより、モータに通電される電流の検出を正確に行なうことができ、ひいては、モータ作動制限手段を常に最適

な状態で機能させることができる。他方、電流制限の必要性が生じにくい第一駆動状態では、前記第一の方式を採用することにより、低負荷回転での制御性も両立できる。

【 0 0 1 5 】

本発明の車両用操舵制御システムは、ハンドル軸と車輪操舵軸とが機械的に分離された構造を採用することができる。この場合、ハンドル軸への手動操作力が車輪操舵軸に直接伝達されるように、両軸を一体回転可能にロック結合したロック状態と、該ロック結合を解除したアンロック状態との間で切り替え可能なロック機構を設けておくことができる。このようにすると、システム上のトラブルにより所期の操舵制御が行なえなくなったときは、ハンドル軸と車輪操舵軸とをロック結合することにより、ハンドルによるマニュアル操舵が可能となり、車両の運転を問題なく継続できる。そして、モータ作動制限手段は、ロック機構をロック状態とし操舵軸駆動モータを停止させるロック制御手段を有するものとして構成できる。この通電制限も、例えば前述のロック機構を用いて行なうことが可能である。つまり、ハンドル軸と車輪操舵軸とをロック結合することにより、モータの動作を容易に制限もしくは休止させることができる。例えば、操舵軸駆動モータが過電流状態となったときは、ハンドル軸と車輪操舵軸とをロック結合して操舵可能な状態を確保しつつ、モータへの通電を制限もしくは停止し、温度上昇を未然に防ぐことができる。

【 0 0 1 6 】

なお、P W M制御の方式切り替えは、モータの通電電流が基準値よりも高いか低い（境界値はどちらに含めてもよい）により行なう。この場合、前記電流センサによる電流検出値と予め定められた閾値とを比較して、その比較結果に基づきP W M制御方式を切り替える方式が、電流レベルを直接検出して判断するので正確であり、本発明に好適に採用できる。しかし、モータの通電電流を反映したほかのパラメータが閾値より高くなるかどうかにより切り替えの判定を行なうようにしてもよい。例えば、パワーステアリング装置を搭載した自動車等においては、車輪操舵軸の回転負荷が車両走行状態（例えば車速）等によって大きく変化せず、モータの負荷も影響を受けにくい。従って、モータの通電電流は、モータ

の回転数（回転速度）によってほぼ一義的に決まるので、この回転速度を電流検出値に代えて用いることが可能である。

【 0 0 1 7 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を、図面を用いて説明する。

図 1 は、本発明が適用される車両用操舵制御システムの、全体構成の一例を模式的に示したものである（なお、本実施形態において「車両」は自動車とするが、本発明の適用対象はこれに限定されるものではない）。該車両用操舵制御システム 1 は、操舵用ハンドル 2 に直結されたハンドル軸 3 と、車輪操舵軸 8 とが機械的に分離された構成を有する。車輪操舵軸 8 はアクチュエータとしてのモータ 6 により回転駆動される。車輪操舵軸 8 の先端はステアリングギアボックス 9 内に延び、該車輪操舵軸 8 とともに回転するピニオン 1 0 がラックバー 1 1 を軸線方向に往復動させることにより、車輪 1 3、1 3 の転舵角が変化する。なお、本実施形態の車両用操舵制御システム 1 においては、ラックバー 1 1 の往復動が、周知の油圧式、電動式あるいは電動油圧式のパワーアシスト機構 1 2 により駆動補助されるパワーステアリングが採用されている。

【 0 0 1 8 】

ハンドル軸 3 の角度位置 ϕ は、ロータリエンコーダ等の周知の角度検出部からなるハンドル軸角度検出部 1 0 1 により検出される。他方、車輪操舵軸 8 の角度位置 θ は、同じくロータリエンコーダ等の角度検出部からなる操舵軸角度検出部 1 0 3 により検出される。また、本実施形態においては、自動車の運転状態を検出する運転状態検出部として、車速 V を検出する車速検出部（車速センサ）1 0 2 が設けられている。車速検出部 1 0 2 は、例えば車輪 1 3 の回転を検出する回転検出部（例えばロータリエンコーダやタコジェネレータ）で構成される。そして、操舵制御部 1 0 0 が、検出されたハンドル軸 3 の角度位置 ϕ と車速 V とに基づいて、車輪操舵軸 8 の目標角度位置 θ' を決定し、該車輪操舵軸 8 の角度位置 θ が目標角度位置 θ' に近づくように、モータドライバ 1 8 を介してモータ 6 の動作を制御する。

【 0 0 1 9 】

なお、ハンドル軸 3 と車輪操舵軸 8 との間には、両者を一体回転可能にロック結合したロック状態と、該ロック結合を解除したアンロック状態との間で切り替え可能なロック機構 19 が設けられている。ロック状態では、ハンドル軸 3 の回転角が変換されることなく（つまり、舵角変換比が 1 : 1）車輪操舵軸 8 に伝達され、マニュアルステアリングが可能となる。該ロック機構 19 のロック状態への切り替えは、異常発生時などにおいて操舵制御部 100 からの指令によりなされる。

【0020】

図 2 は、モータ 6 による車輪操舵軸 8 の駆動部ユニットの構成例を、自動車への取付状態にて示すものである。該駆動部ユニット 14 において、ハンドル 2（図 1）の操作によりハンドル軸 3 を回転させると、モータケース 33 がその内側に組み付けられたモータ 6 とともに一体的に回転するようになっている。本実施形態においては、ハンドル軸 3 は、ユニバーサルジョイント 319 を介して入力軸 20 に連結され、該入力軸 20 がボルト 21、21 を介して第一カップリング部材 22 に結合されている。この第一カップリング部材 22 にはピン 31 が一体化されている。他方、ピン 31 は、第二カップリング部材 32 の一方の板面中央から後方に延びるスリーブ 32a 内に係合してはめ込まれている。他方、筒状のモータケース 33 は、第二カップリング部材 32 の他方の板面側に一体化されている。なお、符号 44 はゴムあるいは樹脂にて構成されたカバーであり、ハンドル軸 3 と一体的に回転する。また、符号 46 は、コックピットパネル 48 に一体化された駆動部ユニット 14 を収容するためのケースであり、符号 45 は、カバー 44 とケース 46 との間をシールするシールリングである。

【0021】

モータケース 33 の内側には、コイル 35、35 を含むモータ 6 のステータ部分 23 が一体的に組み付けられている。該ステータ部分 23 の内側には、モータ出力軸 36 がベアリング 41 を介して回転可能に組み付けられている。また、モータ出力軸 36 の外周面には永久磁石からなる電機子 34 が一体化されており、この電機子 34 を挟む形でコイル 35、35 が配置されている。なお、コイル 35、35 からは、モータケース 33 の後端面に連なるように給電端子 50 が取り

出され、該給電端子 5 0 において給電ケーブル 4 2 によりコイル 3 5, 3 5 に給電がなされる。

【0 0 2 2】

後述の通り、本実施形態においてモータ 6 はブラシレスモータであり、給電ケーブル 4 2 は、該ブラシレスモータの各相のコイル 3 5, 3 5 に個別に給電する素線を集合させた帯状の集合ケーブルとして構成されている。そして、モータケース 3 3 の後端側に隣接する形でハブ 4 3 a を有するケーブルケース 4 3 が設けられ、その中に給電ケーブル 4 2 が、ハブ 4 3 a に対してゼンマイ状に巻かれた形で収容されている。給電ケーブル 4 2 の、給電端子 5 0 に接続されているのと反対の端部は、ケーブルケース 4 3 のハブ 4 3 a に固定されている。そして、ハンドル軸 3 がモータケース 3 3 については給電端子 5 0 とともに正方向又は逆方向に回転すると、ケーブルケース 4 3 内の給電ケーブル 4 2 は、ハブ 4 3 a への巻き付き又は繰り出しを生じさせることにより、上記モータケース 3 3 の回転を吸収する役割を果たす。

【0 0 2 3】

モータ出力軸 3 6 の回転は、減速機構 7 を介して所定比率（例えば 1 / 5 0）に減速された上で車輪操舵軸 8 に伝達される。本実施形態において減速機構 7 は、ハーモニックドライブ減速機にて構成してある。すなわち、モータ出力軸 3 6 には、楕円型のインナーレース付ベアリング 3 7 が一体化され、その外側に変形可能な薄肉の外歯車 3 8 がはめ込まれている。そして、この外歯車 3 8 の外側に、カップリング 4 0 を介して車輪操舵軸 8 が一体化された内歯車 3 9, 1 3 9 が噛み合っている。内歯車 3 9, 1 3 9 は、同軸的に配置された内歯車（以下、第一内歯車ともいう）3 9 と内歯車（以下、第二内歯車ともいう）1 3 9 とからなり、第一内歯車 3 9 がモータケース 3 3 に固定されて該モータケース 3 3 と一体回転する一方、第二内歯車 1 3 9 はモータケース 3 3 に非固定とされ、該モータケース 3 3 に対して相対回転可能とされている。第一内歯車 3 9 はこれと噛み合う外歯車 3 8 との歯数差がゼロであり、外歯車 3 8 との間での相対回転を生じない（つまり、回転するモータ出力軸 3 6 に対して、第一内歯車 3 9 についてはモータケース 3 3 及びハンドル軸 3 が、遊転可能に結合されているともいえる）。他

方、第二内歯車 139 は外歯車 38 よりも歯数が大きく（例えば 2）、内歯車 139 の歯数を N 、外歯車 38 と内歯車 139 との歯数差を n とすると、モータ出力軸 36 の回転を n/N に減速した形で車輪操舵軸 8 に伝達する。また、内歯車 39, 139 は、本実施形態においては、コンパクト化を図るために、ハンドル軸 3 の入力軸 20、モータ出力軸 36 及び車輪操舵軸 8 が同軸的に配置されている。

【0024】

次に、ロック機構 19 は、ハンドル軸 3 に対して相対回転不能なロックベース部（本実施形態においてはモータケース 33）側に固定されたロック部材 51 と、ロック受けベース部（本実施形態においては、モータ出力軸 36 側）に設けられたロック受け部材 52 とを有する。図 3 に示すように、ロック部材 51 は、ロック受け部材 52 に形成されたロック受け部 53 に係合するロック位置と、該ロック受け部 53 から退避したアンロック位置との間で進退可能に設けられている。本実施形態においては、車輪操舵軸 8 と一体的に回転するロック受け部材 52 の周方向にロック受け部 53 が所定の間隔で複数形成され、ロック部材 51 の先端に設けられたロック部 51a が、車輪操舵軸 8 の回転角位相に応じて、それら複数のロック受け部 53 の任意の 1 つのものに選択的に係合するようになっている。ハンドル軸 3 はモータケース 33 に対し（本実施形態では、カップリング 22 及びピンにより）相対回転不能に結合されている。ロック部材 51 とロック受け部材 52 とが非係合（非ロック状態）の場合は、モータ出力軸 36 はモータケース 33 に対して回転し、その回転が外歯車 38 を経て第一内歯車 39 及び第二内歯車 139 にそれぞれ伝達される。モータケース 33 に固定された第一内歯車 39 は、前述の通り外歯車 38 に対して相対回転しないので、結果的にハンドル軸 3 と同速で回転する（つまり、ハンドル操作に追従して回転する）。また、第二内歯車 139 は、モータ出力軸 36 の回転を車輪操舵軸 8 に減速して伝達し、車輪操舵軸 8 の回転駆動を担う。他方、ロック部材 51 とロック受け部材 52 とが係合してロック状態になると、モータ出力軸 36 はモータケース 33 に対して相対回転不能となる。そして、減速機構 7 の内歯車 39, 139 のうち、第一内歯車 39 がモータケース 33 に固定されているから、第一内歯車 39、外歯車 3

8及び第二内歯車139の順でハンドル軸3の回転が車輪操舵軸8に直接伝達されることとなる。

【0025】

なお、本実施形態においては、ロック受け部材52は、モータ出力軸36の一端の外周面に取り付けられ、各ロック受け部53は、該ロック受け部材52の外周面から半径方向に切れ込む凹状に形成されている。また、図2に示すように、ロック部材51は、モータケース33に設けられた回転ベース300に対し、車輪操舵軸8とはほぼ平行な軸線周りに回転可能に取り付けられ、その後端部55aが結合されている。また、ソレノイド55の付勢が解除されたときに、ロック部材51を元の位置に弾性復帰させる弾性部材54が設けられている。ソレノイド55の付勢及び付勢解除の動作により、ソレノイド55aの先端に設けられた凸部55aとロック部材51の一端部51bに形成された溝部を介してロック部材51の先端に形成されたロック部51aが、前記したロック／アンロックのためにロック受け部材52に対し接近／離間する。なお、ソレノイド55の付勢時がロック状態となるかアンロック状態となるかは選択可能であるが、本実施形態では、ソレノイド55の付勢時にアンロックとなるように定めてある。これによると、電源遮断時等においてソレノイド55が付勢解除されたとき、弾性部材54の作用によりロック状態となり、マニュアル操舵が可能となる。

【0026】

図4は、操舵制御部100の電氣的構成の一例を示すブロック図である。操舵制御部100の要部をなすのは2つのマイコン110及び120である。主マイコン110は、主CPU111、制御プログラムを格納したROM112、CPU111のワークエリアとなる主CPU側RAM113及び入出力インターフェース114を有する。また、副マイコン120は、副CPU121、制御プログラムを格納したROM122、副CPU121のワークエリアとなる副CPU側RAM123及び入出力インターフェース124を有する。車輪操舵軸8を駆動するモータ6（アクチュエータ）の動作制御を直接行なうのは主マイコン110であり、副マイコン120は、必要なパラメータ演算等、モータ6の動作制御に必要なデータ処理を主マイコン110と並行して行なうとともに、そのデータ処

理結果を主マイコン 110 との間で通信することにより、主マイコン 110 の動作が正常であるかどうかを監視・確認し、必要に応じて情報の補完を行なう補助制御部としての機能を果たす。本実施形態において主マイコン 110 と副マイコン 120 とのデータ通信は、入出力インターフェース 114, 124 間の通信によりなされる。なお、両マイコン 110 及び 120 は、自動車の運転終了後（すなわち、イグニッション OFF 後）においても、図示しない安定化電源からの電源電圧 V_{cc} （例えば +5V）の供給を受け、RAM 113, 123 あるいは EPROM（後述）115 の記憶内容が保持されるようになっている。

【0027】

ハンドル軸角度検出部 101、車速検出部 102 及び操舵軸角度検出部 103 の各出力は、主マイコン 110 及び副マイコン 120 の入出力インターフェース 114, 124 にそれぞれ分配入力される。本実施形態では、いずれの検出部もロータリエンコーダで構成され、そのエンコーダからの計数信号が図示しないシュミットトリガ部を経て入出力インターフェース 114, 124 のデジタルデータポートに直接入力されている。また、主マイコン 110 の入出力インターフェース 114 には、前述のロック機構 19 の駆動部をなすソレノイド 55 が、ソレノイドドライバ 56 を介して接続されている。

【0028】

モータ 6 はブラシレスモータ、本実施形態では 3 相ブラシレスモータにて構成され、PWM 制御により回転速度が調整される。また、モータドライバ 18 には、モータ 6 の電源となる車載バッテリー 57 が接続されている。モータドライバ 18 が受電するバッテリー 57 の電圧（電源電圧） V_s は、自動車の各所に分散した負荷の状態や、オルターネータの発電状態により随時変化する（例えば 9 ~ 14V）。本実施形態においては、このような変動するバッテリー電圧 V_s を、安定化電源回路を介さず、モータ電源電圧として直接使用する。操舵制御部 100 は、このように相当幅にて変動する電源電圧 V_s の使用を前提として、モータ 6 の制御を行なうので、電源電圧 V_s の検出部が設けられている。本実施形態では、モータ 6 への通電経路（ドライバ 18 の直前）から電圧検出用の分岐経路が引き出され、そこに設けられた分圧抵抗 60, 60 を経て電圧検出信号を取り出

している。該電圧検出信号はコンデンサ 61 により平滑化された後、電圧フォロワ 62 を経て入出力インターフェース 114, 124 の A/D 変換機能付入力ポート（以下、A/D ポートという）に入力される。

【0029】

また、過電流発生の有無など、モータ 6 の通電状態を監視するために、モータ 6 への通電経路上に電流検出部が設けられている。具体的には、経路上に設けられたシャント抵抗（電流検出抵抗）58 の両端電圧差を電流センサ 70 により検出し、入出力インターフェース 114, 124 の A/D ポートに入力するようにしている。電流センサ 70 は、例えば図 6 に示すように、シャント抵抗 58 の両端電圧を、電圧フォロワ 71, 72 を介して取り出し、オペアンプ 73 と周辺の抵抗器 74 とからなる差動増幅器 75 により増幅して出力するものである。差動増幅器 75 の出力は、シャント抵抗 58 を流れる電流値に比例したものとなるので、これを電流検出値 I_s として用いることができる。なお、シャント抵抗以外にも、ホール素子や電流検出コイルなど、電磁的な原理に基づいて電流検出するプローブを用いてもよい。

【0030】

電流センサ 70 が出力する電流検出値 I_s は、比較器 104 にて基準値 I_R と比較され、該基準値 I_R よりも電流検出値 I_s が小さい場合には、モータ 6 の PWM 制御方式が前述の第一の方式に設定され、 I_s よりも大きい場合には同じく第二の方式に設定される。本実施形態においては、電流センサ 70 による電流検出値 I_s の出力が比較器 104 に分岐入力され、基準値 I_R と比較される。比較器 104 は、 I_s が I_R よりも大きいかあるいは小さいかに応じた二値の出力を行なう。この比較器 104 の出力を受けて主マイコン 110 は、 $I_s < I_R$ であれば第一の方式を選択するフラグ値（例えば「1」）を、 $I_s > I_R$ であれば第二の方式を選択するフラグ値（例えば「0」）を、RAM 113 の PWM 方式選択フラグにセットする。なお、比較器 104 はオペアンプで構成され、チャタリング防止のための不感帯を正帰還抵抗により形成してある。なお、 I_s と I_R との比較を、主マイコン 110 においてソフトウェア的に行うことももちろん可能である。この場合、 I_s の値を主マイコン 110 に入力し、 I_R との大

小比較を行って、その比較結果に応じてフラグ値を同様にセットする処理を行う。なお、不感帯処理については、前回の I s の測定結果と今回の I s の測定結果との大小関係を比較できるようにしておき、今回の I s が増加側に動いてきたときの閾値と、減少側に動いてきたときの閾値とを互いに異ならせることにより、不感帯を形成する。なお、前回の I s の測定結果と今回の I s の測定結果との組み合わせ毎に、フラグ値をマップの形で記憶しておき、常時そのマップを参照してフラグ値を決定するようにしてもよい。

【0 0 3 1】

図 4 に戻り、両マイコン 1 1 0, 1 2 0 の RAM 1 1 3, 1 2 3 には、それぞれ以下のようなメモリエリアが形成されている。

- (1) 車速 (V) 検出値メモリ：車速センサ 1 0 2 からの現在の車速 V の検出値を記憶する。
- (2) ハンドル軸角度位置 (ϕ) カウンタメモリ：ハンドル軸角度位置検出部 1 0 1 をなすロータリエンコーダからの計数信号をカウントし、ハンドル軸角度位置 ϕ を示すそのカウント値を記憶する。なお、ロータリエンコーダは回転方向の識別が可能なものを使用し、正方向回転の場合はカウンタをインクリメントし、逆方向回転の場合はデクリメントする。
- (3) 舵角変換比 (α) 算出値メモリ：車速検出値に基づいて算出された舵角変換比 α を記憶する。
- (4) 目標操舵軸角度位置 (θ') 算出値メモリ：現在のハンドル軸角度位置 ϕ と舵角変換比 α との値から、例えば $\phi \times \alpha$ により算出された操舵軸角度位置の目標値、すなわち目標操舵軸角度位置 θ' の値を記憶する。
- (5) 操舵軸角度位置 (θ) カウンタメモリ：操舵軸角度検出部 1 0 3 をなすロータリエンコーダからの計数信号をカウントし、操舵軸角度位置 θ を示すそのカウント値を記憶する。
- (6) $\Delta \theta$ 算出値メモリ：目標操舵軸角度位置 θ' と現在の操舵軸角度位置 θ との隔たり $\Delta \theta (= \theta' - \theta)$ の算出値を記憶する。
- (7) 電源電圧 (V s) 検出値メモリ：モータ 6 の電源電圧 V s の検出値を記憶する。

(8) デューティ比 (η) 決定値メモリ：モータ 6 を PWM 通電するための、 $\Delta \theta$ と電源電圧 V_s とに基づいて決定されたデューティ比 η を記憶する。

(9) 電流 (I_s) 検出値メモリ：電流センサ 70 による電流 I_s の検出値を記憶する。

(10) PWM 方式選択フラグ（前述）。

【0032】

そして、上記主マイコン 110 は、ROM 112 に記憶された制御プログラムにより、本発明の以下の各手段として機能する（副マイコン 120 も、ROM 122 に記憶された制御プログラムにより、主マイコン監視用に同様の処理が実行される）。

① PWM 制御切り替え手段：PWM 方式選択フラグの値を参照して、PWM 方式を第一の方式と第二の方式との間で切り替える。

② モータ作動制限手段：電流センサ 70 の異常判定結果を受けた場合に、ロック機構 19 のロック用ソレノイド 55 の付勢状態を切り替えて、ハンドル軸 3 と車輪操舵軸 8 とをロック結合状態とし、モータ 6 を停止させる（ロック制御手段）。

【0033】

また、主マイコン 110 の入出力インターフェース 114 には、運転終了時（つまり、イグニッション OFF 時）における車輪操舵軸 8 の角度位置、すなわち終了角度位置を記憶するための EEPROM 115 が第二の記憶部として設けられている。該 EEPROM 115（PROM）は、主 CPU 111 が主 CPU 側 RAM 112 に対するデータ読出し／書込みを行なう第一の動作電圧（+5V）においては、主 CPU 111 によるデータの読出しのみが可能であり、他方、第一の動作電圧（+5V）とは異なる第二の動作電圧（本実施形態では、第一の動作電圧より高い電圧が採用される：例えば +7V）を設定することにより主 CPU 111 によるデータの書込みが可能となるものであり、主 CPU 111 が暴走しても内容が誤って書き換えられることがない。第二の動作電圧は、EEPROM 115 と入出力インターフェース 114 との間に介在する図示しない昇圧回路によって生成される。

【0034】

以下、車両用操舵制御システム 1 の動作について説明する。

図 12 には、主マイコン 110 による制御プログラムの主ルーチンの処理の流れを示すものである。S1 は初期化処理であり、前回イグニッションスイッチを OFF にしたときの終了処理にて EEPROM 115 に書き込まれている車輪操舵軸 8 の終了角度位置（後述）を読み出し、該終了角度位置を、処理開始に際しての車輪操舵軸 8 の初期角度位置として設定することを要旨とする。具体的には、終了角度位置を示すカウンタ値を、前述の操舵軸角度位置カウンタメモリにセットする。なお、後述する EEPROM 115 へのデータ書込み完了フラグは、この時点でクリアしておく。

【0035】

初期化処理が終了すれば、S2 に進んで操舵制御処理となる。該操舵制御処理は、パラメータサンプリングの間隔を均一化するために、一定の周期（例えば数百 μ s）にて繰り返し実行される。その詳細を、図 13 により説明する。S201 においては、現在の車速 V の検出値をリードし、次いで S202 ではハンドル軸角度位置 ϕ をリードする。そして、S203 においては、車速 V の算出値から、ハンドル軸角度位置 ϕ を目標操舵軸角度位置 θ' に変換するための舵角変換比 α を決定する。舵角変換比 α は、車速 V に応じて異なる値が設定される。具体的には、図 10 に示すように、車速 V が一定以上に大きい状態では、舵角変換比 α は小さく設定され、車速 V が一定以下に小さい低速走行時には舵角変換比 α は大きく設定される。本実施形態では、図 9 に示すような、種々の車速 V に対応した舵角変換比 α の設定値を与えるテーブル 130 を ROM 112（122）に格納しておき、このテーブル 130 を参照して現在の車速 V に対応する舵角変換比 α を補間法により算出する。なお、本実施形態においては、車両の運転状態を示す情報として車速 V を用いているが、これ以外にも、車両が受ける横圧や路面の傾斜角等を車両の運転状態を示す情報としてセンサにより検出し、その検出値に応じて舵角変換比 α を特有の値に設定することが可能である。また、車速 V に応じて舵角変換比 α の基本値を決定し、上記のような車速以外の情報に基づいて、その基本値を随時補正して使用することも可能である。

【0036】

S204では、検出されたハンドル軸角度位置 ϕ に、決定された舵角変換比 α を乗じて目標操舵軸角度位置 θ' を算出する。そして、S205において、現在の操舵軸角度位置 θ を読み取る。S206では、操舵軸角度位置カウンタから求められた現在の操舵軸角度位置 θ と目標操舵軸角度位置 θ' との隔たり $\Delta\theta$ ($=\theta'-\theta$)を算出する。さらにS207においては、現在の電源電圧 V_s の検出値を読み取る。

【0037】

モータ6は、目標操舵軸角度位置 θ' と現在の操舵軸角度位置 θ との差 $\Delta\theta$ が縮小するように車輪操舵軸8を回転駆動する。そして、操舵軸角度位置 θ が目標操舵軸角度位置 θ' に迅速かつスムーズに近づくことができるように、 $\Delta\theta$ が大きいときはモータ6の回転速度を大きくし、逆に $\Delta\theta$ が小さいときはモータ6の回転速度を小さくする。基本的には $\Delta\theta$ をパラメータとした比例制御であるが、オーバーシュートやハンチング等を抑制し、制御の安定化を図るために、 $\Delta\theta$ の微分あるいは積分を考慮した周知のPID制御を行なうことが望ましい。

【0038】

モータ6は前述の通りPWM制御されており、回転速度は、そのデューティ比 η を変更することにより調整される。電源電圧 V_s が一定であれば、デューティ比により回転速度をほぼ一義的に調整できるが、本実施形態では前述の通り電源電圧 V_s は一定でない。従って、電源電圧 V_s も考慮してデューティ比 η を定めるようにする。例えば、図11に示すように、種々の電源電圧 V_s と $\Delta\theta$ との各組み合わせに対応したデューティ比 η を与える二次元のデューティ比変換テーブル131をROM112(122)に格納しておき、電源電圧 V_s の検出値と $\Delta\theta$ の算出値に対応するデューティ比 η の値を読み取って用いることができる。なお、モータ6の回転速度は負荷によっても変動する。この場合、電流センサ70によるモータ電流 I_s の検出値を元に、モータ負荷の状態を推定し、デューティ比 η を補正して用いることも可能である。

【0039】

次に、S209に進み、電流検出処理となる。ここでは、電流センサ70が出

力するモータ6の電流検出値をリードする。そして、電流検出値 I_s が規定の条件を超えて大きくなったときは過電流と判断し、前記と同様にハンドル軸3と車輪操舵軸8とのロックを行なって、モータ6を停止させる。例えば、電流検出値 I_s が、規定値よりも高い状態が一定時間以上継続する場合は過電流と判断して、上記のロック機構19を作動させることができる（この場合、過電流状態が解消されれば、ロックを解除する）。

【0040】

ここまでの処理は、図4の主マイコン110と副マイコン120との双方にて並列的に実行される。例えば、主マイコン110の動作が正常であるかどうかは、主マイコン110のRAM113に記憶された各パラメータの演算結果を副マイコン120に随時転送し、副マイコン120側にて、RAM123の記憶内容と照合することにより、異常発生の有無を監視させることができる。他方、主マイコン110側では、決定されたデューティ比 η を元にPWM信号を生成する。そして、操舵軸角度検出部103をなすロータリエンコーダからの信号を参照してモータドライバ18に対し、通電に関与する相のコイルをスイッチングするFET（図7）へ該PWM信号を出力することにより、モータ6をPWM制御する。

【0041】

図8に戻り、S3ではイグニッションスイッチがOFFされているかどうかを確認し、もしOFFされている場合はS4の終了処理となる。すなわち、イグニッションスイッチがOFFになっている場合は、自動車の運転が終了したことを意味するから、主マイコン110において操舵軸角度位置カウンタに記憶されている、車輪操舵軸8の終了角度位置を読み出し、これをEEPROM115に格納し、さらに、RAM113に設けられたデータ書込み完了フラグをセットして処理を終了する。

【0042】

以下、モータ6のPWM制御の実施形態について詳しく説明する。モータ6は前述の通り、3相ブラシレスモータにて構成されている。図2に示すコイル35，35は、図5に示すように、 120° 間隔で配置された3相のコイルU，V，

Wからなり、これらのコイルU、V、Wと、電機子34との相対的な角度関係が、モータ内に設けられた角度センサをなすホールICにより検出される。そして、これらホールICの出力を受けて、図1のモータドライバ18は、図5に示すように、コイルU、V、Wの通電を、W→U(1)、U→V(3)、V→W(5)のごとく循環的に順次切り替える(正方向回転の場合:逆方向回転の場合は、上記の逆順のスイッチングとなる)。図8(b)に、正方向回転の場合の、各相のコイルの通電シーケンスを示している(「H」が通電、「L」が非通電を表す:逆方向回転の場合は、図の左右を反転したシーケンスとなる)。図中の括弧書きの数字は、図5の対応する番号における電機子34の角度位置を表している。

【0043】

図4に戻り、モータ6の回転制御は、上記コイルU、V、Wの各相の通電切り替えシーケンスに、駆動制御部100(本実施形態では、主マイコン110)からのPWM信号によるデューティ比制御シーケンスが重畳された形で行なわれる。図7は、モータドライバ18の回路例を示すもので、コイルU、V、Wの各端子u、u'、v、v'、w、w'に対応したFET(半導体スイッチング素子)75~80が、周知のH型ブリッジ回路を構成するように配線されている(符号87~92は、コイルU、V、Wのスイッチングに伴う誘導電流のバイパス経路を形成するフライホイールダイオードである)。ANDゲート81~86によりモータ側のホールIC(角度センサ)からのスイッチング信号と駆動制御部100からのPWM信号との論理積信号を作り、これを用いてFET75~80をスイッチング駆動すれば、通電に関与する相のコイルを選択的にPWM通電することができる。

【0044】

なお、駆動制御部100側においてFET75~80にPWM信号を順次与えるためのタイミングは、ホールIC(角度センサ)からの信号を駆動制御部100に分配することにより認識させてもよいが、本実施形態では、別途ロータリエンコーダを用いてこれを検出している。このロータリエンコーダはモータ出力軸36の回転角度を検出するものであり、その角度検出値は減速後の車輪操舵軸8の角度位置と一義的な対応関係を有する。そこで、本実施形態では、このロータ

リエンコーダを操舵軸角度検出部 1 0 3 として利用する。

【 0 0 4 5 】

図 8 (a) は、上記のロータリエンコーダを模式的に示すもので、ブラシレスモータの通電シーケンスを制御するために、時系列的な出現順序が定められたコイル通電パターンを各々特定するためのビットパターンが、円板の周方向に一定の角度間隔で形成されたものである。本実施形態においては、3 相ブラシレスモータを使用しているので、図 8 (b) に示すコイル U, V, W の通電シーケンスが得られるように、その (1) ~ (6) (図 5 参照) の通電パターンに対応した 6 種類のビットパターンが、円板の周方向に 3 0 ° 間隔で形成されている。従って、モータ 6 の電機子 3 4 が回転すると、これと同期回転する上記ロータリエンコーダからは、現在通電されるべきコイルを特定するビットパターンが刻々出力される。そこで、駆動制御部 1 0 0 は、このエンコーダのビットパターンを読み取ることにより、P W M 信号を送るべきコイルの端子 (すなわち、図 7 の F E T 7 5 ~ 8 0) を自発的に決定することができる。なお、本実施形態において、P W M 波形の 1 波長の長さは例えば 5 0 μ s 程度に設定されている。

【 0 0 4 6 】

なお、モータ出力軸 3 6 の回転は減速されて車輪操舵軸 8 に伝達されるから、車輪操舵軸 8 が 1 回転する間に、ロータリエンコーダが設けられるモータ出力軸 3 6 は複数回回転する。従って、モータ出力軸 3 6 の絶対角度位置のみを示すエンコーダのビットパターンからは、車輪操舵軸 8 の絶対角度位置を知ることはできない。従って、図 4 に示すように、R A M 1 1 3 (1 2 3) 内に、ビットパターン変化の検出回数を計数するカウンタ (操舵軸角度位置カウンタ) を形成し、操舵軸角度位置 (θ) をそのカウント数から求めるようにしてある。従って、操舵軸角度検出部 1 0 3 は機能的にはインクリメント型ロータリエンコーダに相当するものとみなすことができる。なお、モータ出力軸 3 6 の絶対角度位置についてはビットパターンの種別により読み取ることができるから、そのビットパターンの変化順序をモニタすれば、モータ出力軸 3 6 ひいては車輪操舵軸 8 の回転方向 (すなわち、ハンドルを切る向きである) を知ることもできる。従って、車輪操舵軸 8 の回転方向が正であれば上記のカウンタをインクリメントし、逆であれ

ばカウンタをデクリメントする。

【0047】

PWM制御方式は第一の方式と第二の方式の2通りがあり、PWM方式選択フラグ(図4)のセット値を参照して随時切り替えられる。すなわち、電流検出値 I_s と基準値 I_R との比較により、 $I_s < I_R$ となる第一駆動状態(すなわち、モータが低負荷回転する状態)においては、図14に示す第一の方式が採用される。他方、 $I_s > I_R$ となる第一駆動状態(すなわち、モータが高負荷回転する状態)においては、図15に示す第二の方式が採用される。

【0048】

既に説明した通り、相U、V、Wの各コイルは、 $U \rightarrow V$ 、 $V \rightarrow W$ 、 $W \rightarrow U$ の順で、各々一方の端にて結合され他方の端が通電端子とされた2相のコイルを対として通電がなされる。例えば、コイル対 $U \rightarrow V$ の通電時について考えると、図7のH型ブリッジ回路において、コイルU側である第一端子を直流電源の正極(第一極)に接続した極性と、コイルV側である第二端子を直流電源の負極(第二極)に接続した極性との2通りの電源接続極性がある。前者の極性では、スイッチ u (FET75)とスイッチ v' (FET78)とをONにし、後者の極性では、スイッチ u' (FET76)とスイッチ v (FET77)とをONにする。

【0049】

図14の第一の方式は、電圧印加の極性を一方に固定しつつ、コイル対の第一端子を車載バッテリー(直流電源)57の第一極(例えば正極)に接続した状態で非スイッチングとし、第二端子を同じく第二極(例えば負極:接地接続も負極接続と概念的に等価とみなす)に接続した状態で、前述の処理にて決定されたデューティ比 η によりスイッチングする方式である。例えば図14の $U \rightarrow V$ 通電時のタイムチャートにおいては、コイルU側のスイッチ u (FET75)を連続的にONとし、V側のスイッチ v' (FET78)をスイッチングしている。そして、 $U \rightarrow V$ 、 $V \rightarrow W$ 、 $W \rightarrow U$ と通電対象となるコイル対が切り替えられると、図のごとく、使用されるスイッチは対応するものが順次選択されて、同様のスイッチングがなされる。

【0050】

この方式は既に詳述した通り、スイッチング制御のデッドタイムが生じないので、デューティ比 η の小さい低負荷回転時においても速度制御の直線性が良好である。しかし、電流センサ 70 により電流検出を行なう際に、スイッチングに伴うフライホイール電流の影響を受けやすいので、比較的大電流となる高負荷回転時の制御方式としては不向きである。このことは、各相の端子間電圧を計算してみることによっても、簡単に確認できる。一例として、 $U \rightarrow V$ 通電時で考え、各相の端子間電圧を V_U 、 V_V 、 V_W とし、電源電圧 V_S とすると、 U 相は常時 ON であるから $V_U = V_S$ である。また、 V 相はデューティ比 η にてスイッチングされるから、 V_V は、ON 時は接地レベルとなり、OFF 時は電源電圧と等しくなるから、平均的には $V_V = (1 - \eta) V_S$ となる。そして、 U 相及び V 相とスター結線されている W 相は接地側が常時オープンであるから、 V_W は V_U と V_V との平均的な電圧レベルと等しくなる。すなわち、 $V_W = (V_U + V_V) / 2$ である。電流センサ 70 による電流検出値 I_s は、3 相の平均的な端子間電圧を反映したものとなるが、その値は、 $(3 / 2) V_S \times (2 - \eta)$ となり、受電する電源電圧が一定であっても、スイッチングのデューティ比 η によって、モータの端子間電圧自体が変化してしまうことがわかる。これは、前述のフライホイール電流の影響を受けるためである。しかし、デューティ比 η が小さい場合は影響が小さく、低負荷回転時には問題にならない。

【0051】

他方、図 15 の第二の方式は、コイル対の第一端子を車載バッテリー（直流電源）57 の第一極に接続し第二端子を直流電源の第二極に接続した第一接続状態と、同じく第一端子を第二極に接続し第二端子を直流電源の第一極に接続した第二接続状態（つまり、第一接続状態と極性を反転した状態）とが交互に切り替わるようにスイッチングする方式である。例えば図 15 の $U \rightarrow V$ 通電時のタイムチャートにおいては、スイッチ v 及び u' （FET 77, 76）を ON とし、スイッチ v' 及び u （FET 78, 75）を OFF した第一接続状態と、ON/OFF を逆転させた第二接続状態とを交互に切り替えている。そして、第一接続状態の継続時間 τ と第二接続状態の継続期間 τ' との和が一定とされ、それら τ と τ' との時間比率によりスイッチングのデューティ比 η が設定される。ここでも、

$U \rightarrow V$ 、 $V \rightarrow W$ 、 $W \rightarrow U$ と通電対象となるコイル対が切り替えられると、図のごとく、使用されるスイッチは対応するものが順次選択されて、同様のスイッチングがなされる。

【0052】

この方式は、スイッチング制御のデッドタイムを生じるが、フライホイール電流の影響を受けにくいので、デューティ比 η の大きい高負荷回転時において、電流センサ70による電流検出を高精度にて行なうことができる利点がある。以下、各相の端子間電圧の計算により、このことを確認する。同様に、 $U \rightarrow V$ 通電時で考え、各相の端子間電圧を V_U 、 V_V 、 V_W とし、電源電圧 V_S とすると、 U 相と V 相はデューティ比 η 及び $1 - \eta$ にてスイッチングされるから、それぞれ平均的には、 $V_U = \eta \cdot V_S$ 及び $V_V = (1 - \eta) V_S$ となる。 V_W は V_U と V_V との平均的な電圧レベルと等しくなるので、 $V_W = (V_U + V_V) / 2$ である。3相の平均的な端子間電圧を計算すると、その値は、 $(1/2) V_S$ となり、スイッチングのデューティ比の影響を全く受けないことがわかる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の車両用操舵制御システムの全体構成を模式的に示す図。

【図2】

駆動部ユニットの一実施例を示す縦断面図。

【図3】

図2のA-A断面図。

【図4】

本発明の車両用操舵制御システムの電氣的構成の一例を示すブロック図。

【図5】

本発明の実施形態に使用する3相ブラシレスモータの動作説明図。

【図6】

電流センサの回路例を示す図。

【図7】

3相ブラシレスモータのドライバ部分の一例を示す回路図。

【図 8】

図 5 の 3 相ブラシレスモータに使用するロータリエンコーダの説明図。

【図 9】

舵角変換比と車速との関係を与えるテーブルの模式図。

【図 1 0】

車速に応じて舵角変換比を変化させるパターンの一例を示す模式図。

【図 1 1】

モータ電源電圧と角度偏差 $\Delta \theta$ とによりデューティ比を決定するための二次元テーブルの模式図。

【図 1 2】

本発明の車両用操舵制御システムにおけるコンピュータ処理の主ルーチンの一例を示すフローチャート。

【図 1 3】

図 1 2 の操舵制御処理の詳細の一例を示すフローチャート。

【図 1 4】

モータの P W M 制御の第一の方式の例を示すタイムチャート。

【図 1 5】

モータの P W M 制御の第二の方式の例を示すタイムチャート。

【図 1 6】

P W M 制御の第二の方式においてデッドタイムが発生する理由を説明する図。

【図 1 7】

第二の方式のデューティ比とモータ電流との関係を模式的に示す図。

【図 1 8】

第一の方式のデューティ比とモータ電流との関係を模式的に示す図。

【符号の説明】

- 3 ハンドル軸
- 6 モータ（アクチュエータ）
- 8 車輪操舵軸
- 5 8 シャント抵抗

7 0 電流センサ

1 0 0 操舵制御部

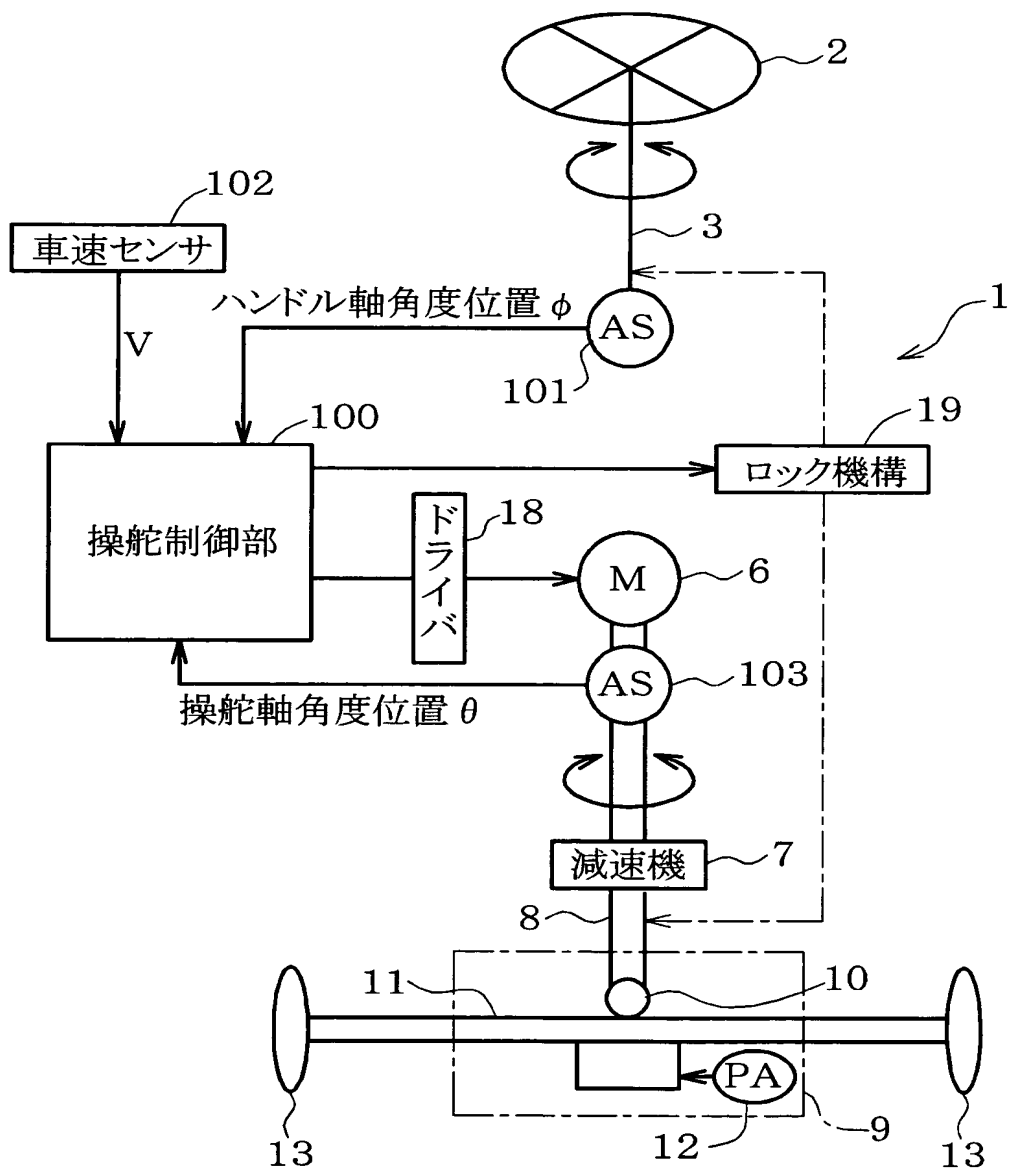
1 1 0 主マイコン（P W M制御切替手段、モータ作動制限手段）

1 0 1 ハンドル軸角度検出部

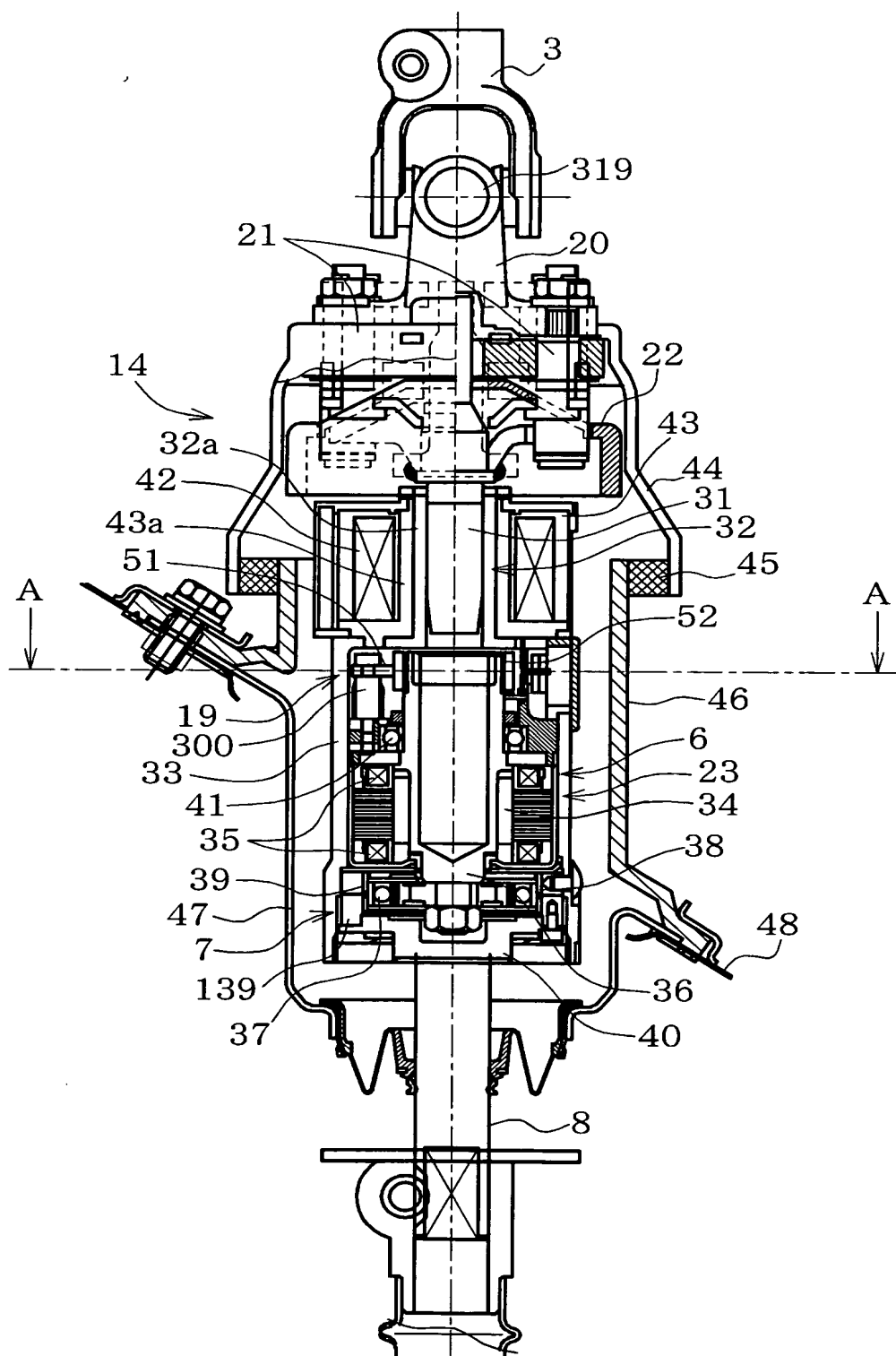
1 0 3 操舵軸角度検出部

【書類名】 図面

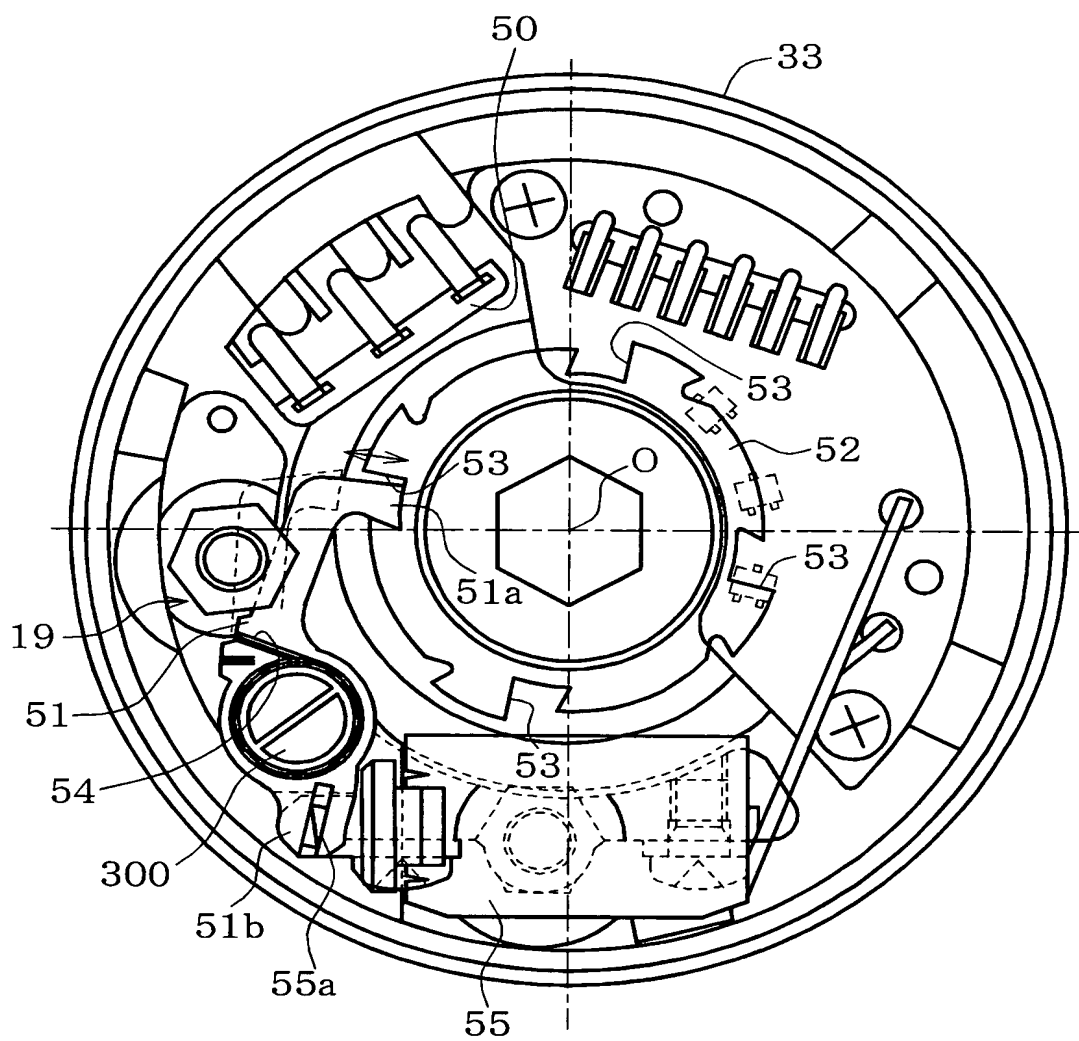
【図 1】



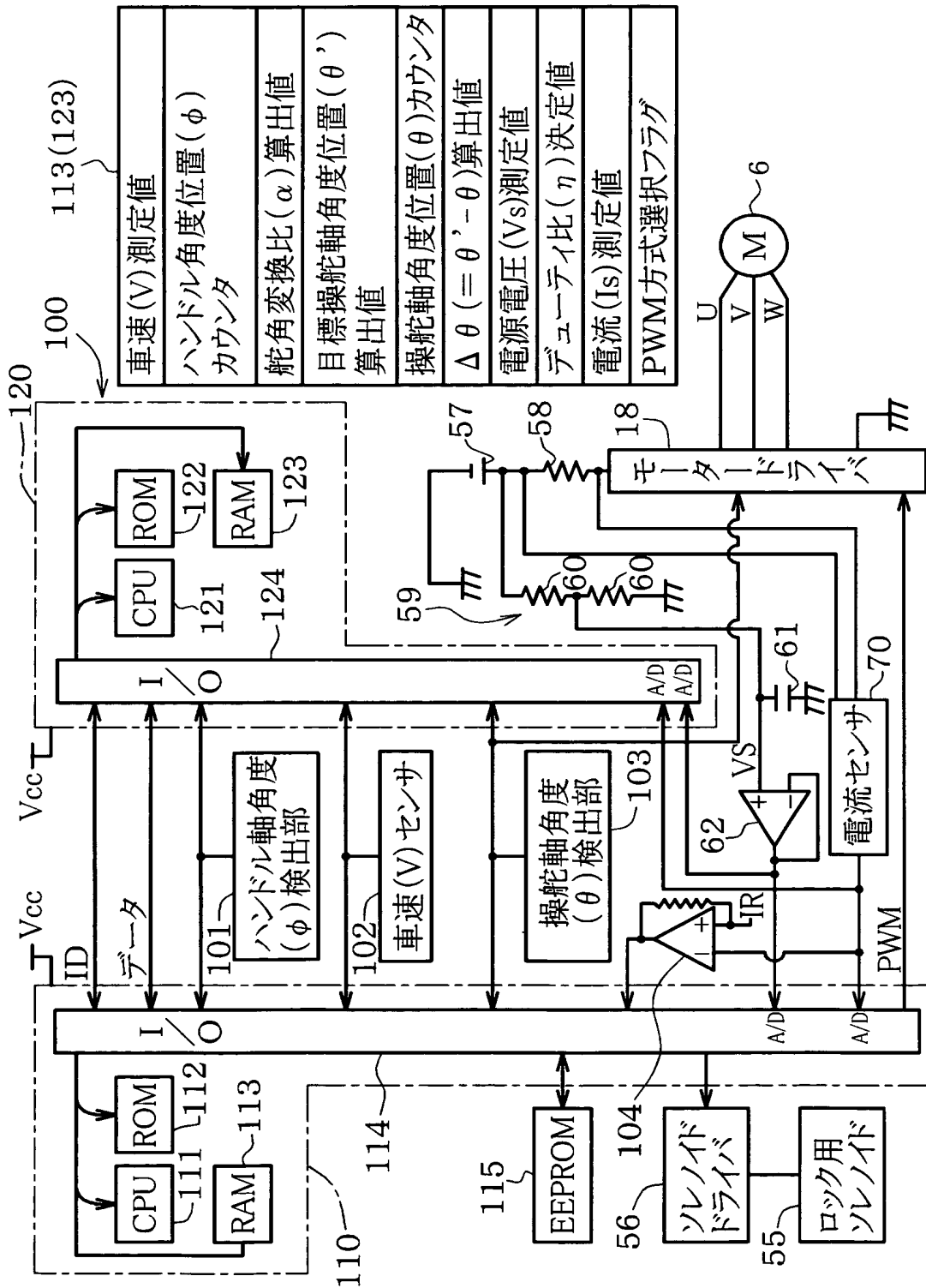
【図 2】



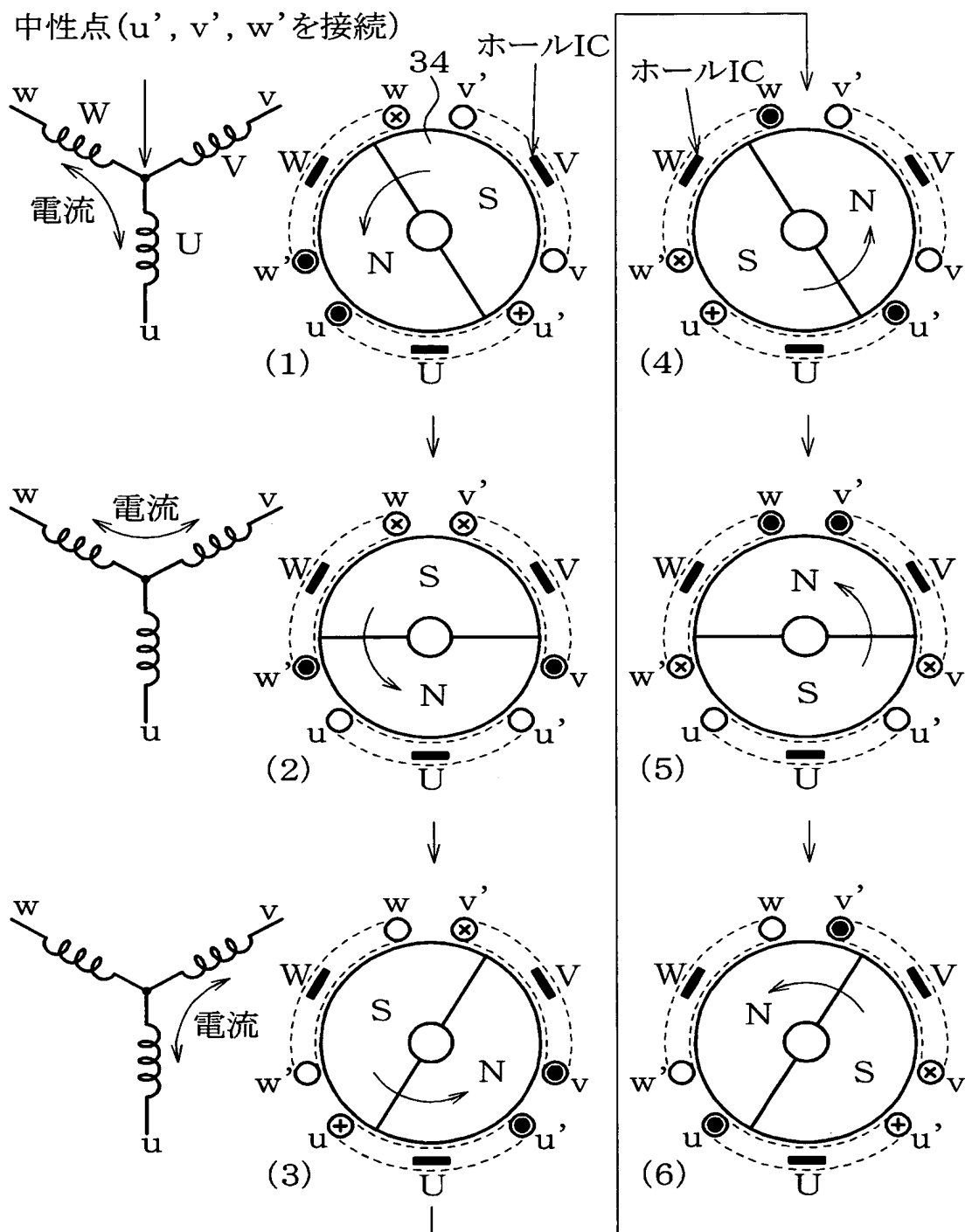
【図 3】



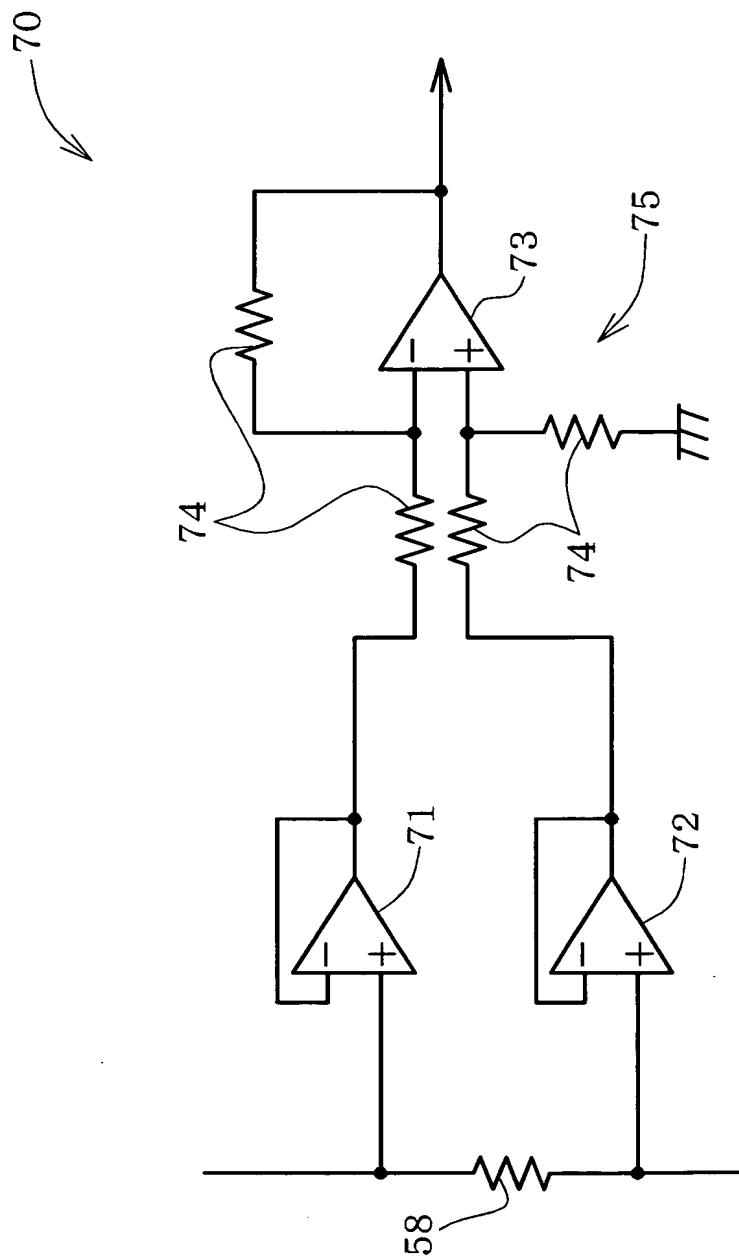
【図 4】



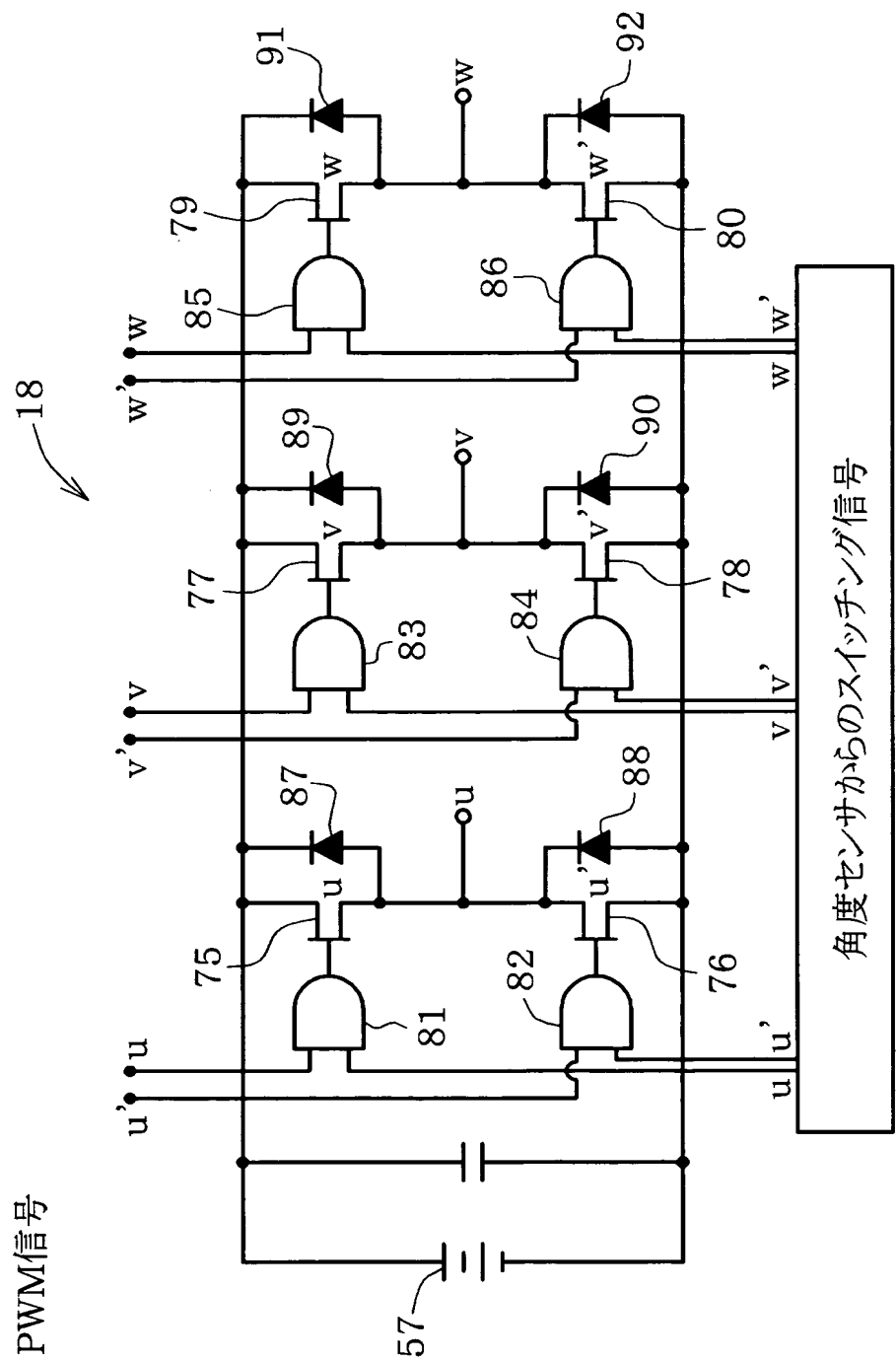
【図 5】



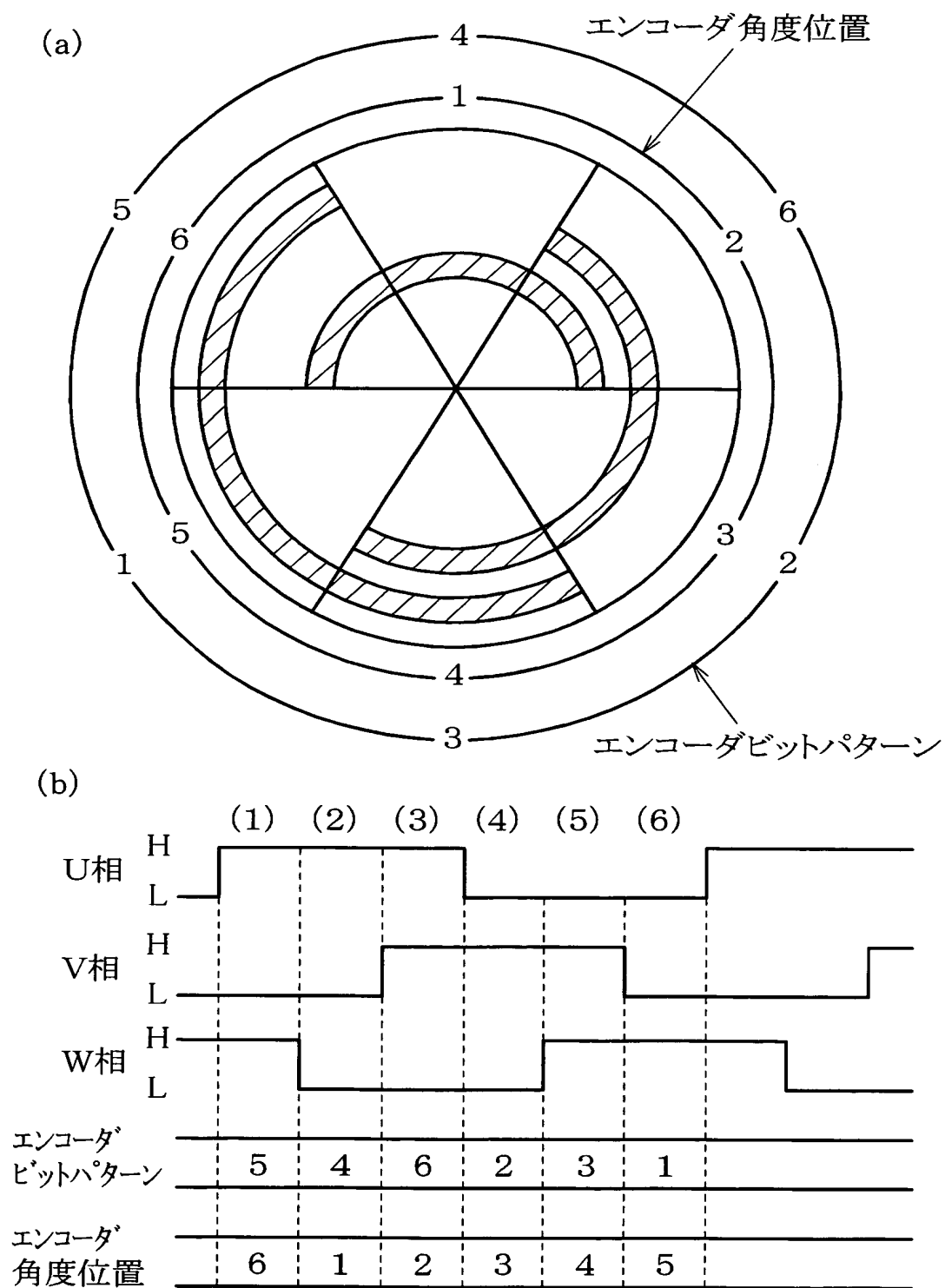
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】

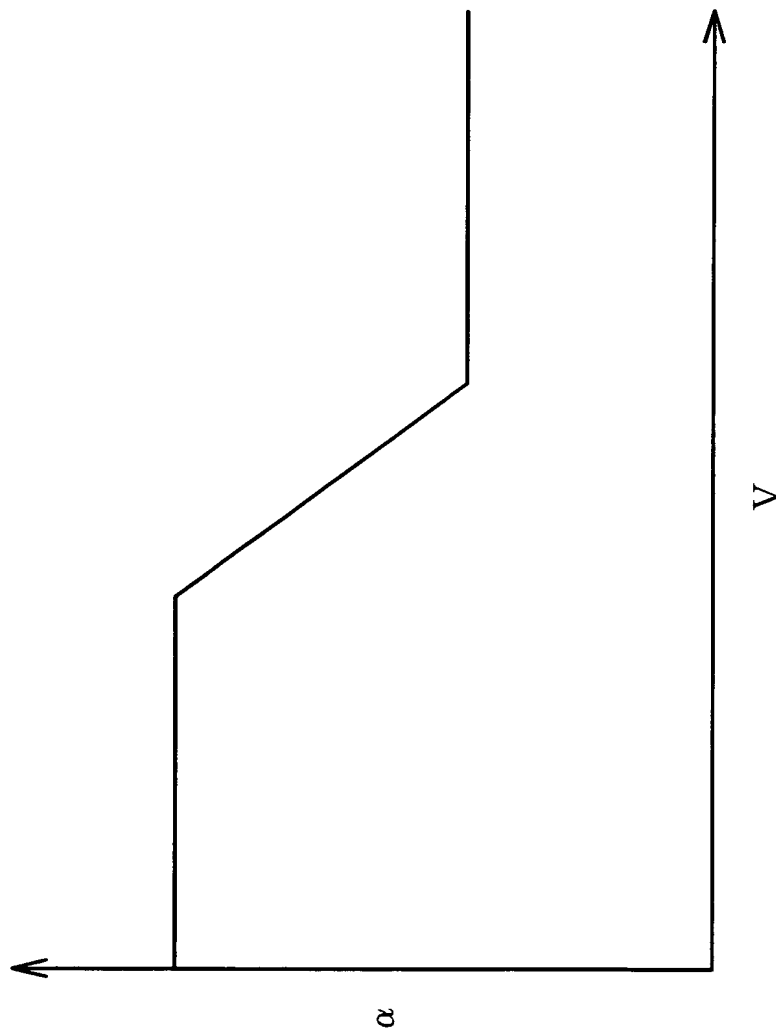
130

車速 (V)	V ₁	V ₂	V ₃	V _n
舵角変換比 (α)	α ₁	α ₂	α ₃	α _n

$$\alpha = \theta / \phi$$

ϕ : ハンドル軸角度位置
 θ : 操舵軸角度位置

【図 10】



【図 1 1】

131

$\Delta \theta \backslash V_s$	V_{s1}	V_{s2}	V_{s3}	V_{s4}	\dots	V_{sn}
$\Delta \theta_1$	η_{11}	η_{12}	η_{13}	η_{14}	\dots	η_{1n}
$\Delta \theta_2$	η_{21}	η_{22}	η_{23}	η_{24}	\dots	η_{2n}
$\Delta \theta_3$	η_{31}	η_{32}	η_{33}	η_{34}	\dots	η_{3n}
$\Delta \theta_4$	η_{41}	η_{42}	η_{43}	η_{44}	\dots	η_{4n}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$\Delta \theta_m$	η_{m1}	η_{m2}	η_{m3}	η_{m4}	\dots	η_{mn}

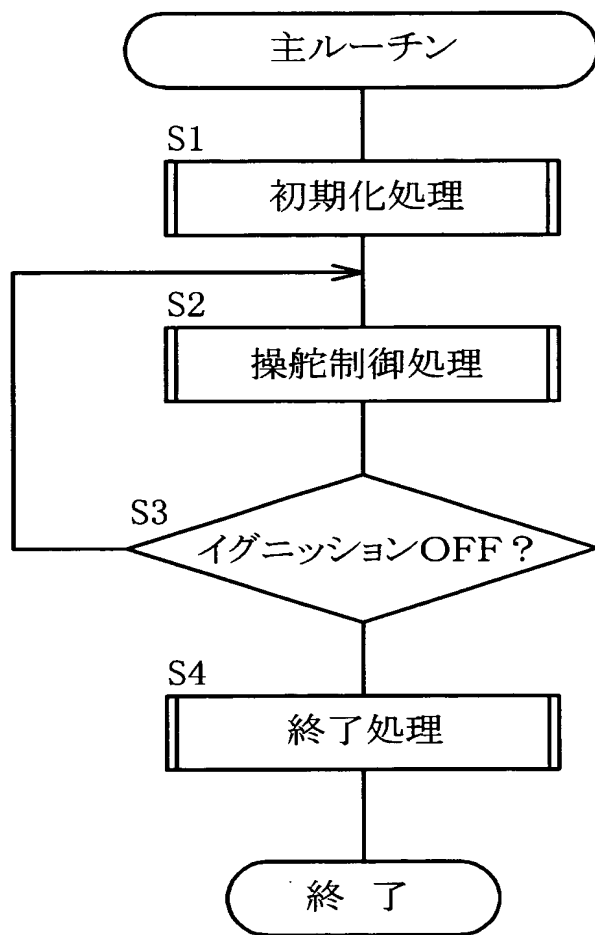
η : デューティ比

$\Delta \theta = \theta' - \theta$

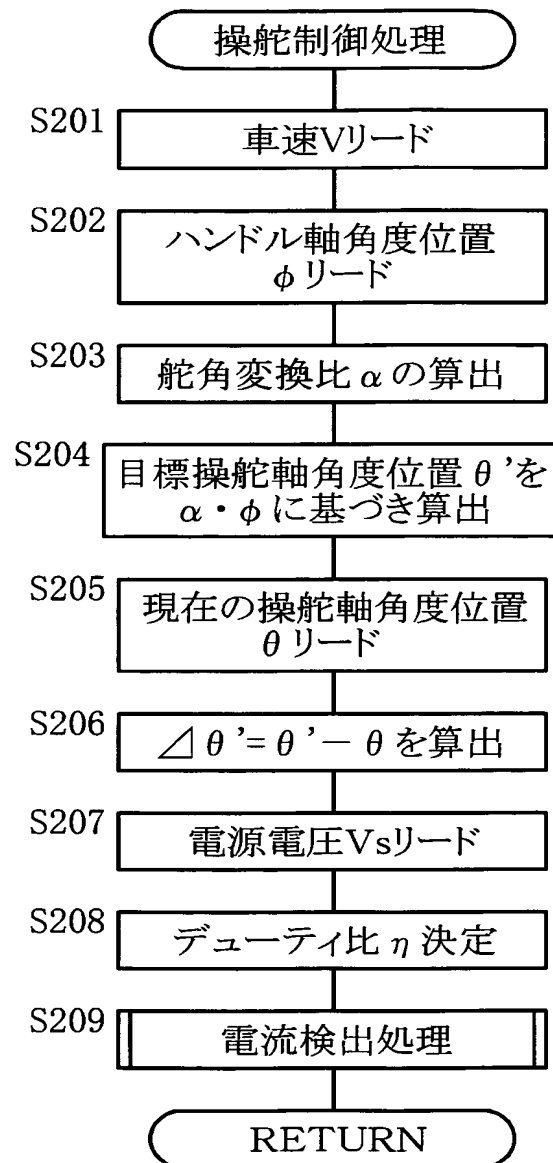
θ' : 目標操舵軸角度位置

θ : 現在操舵軸角度位置

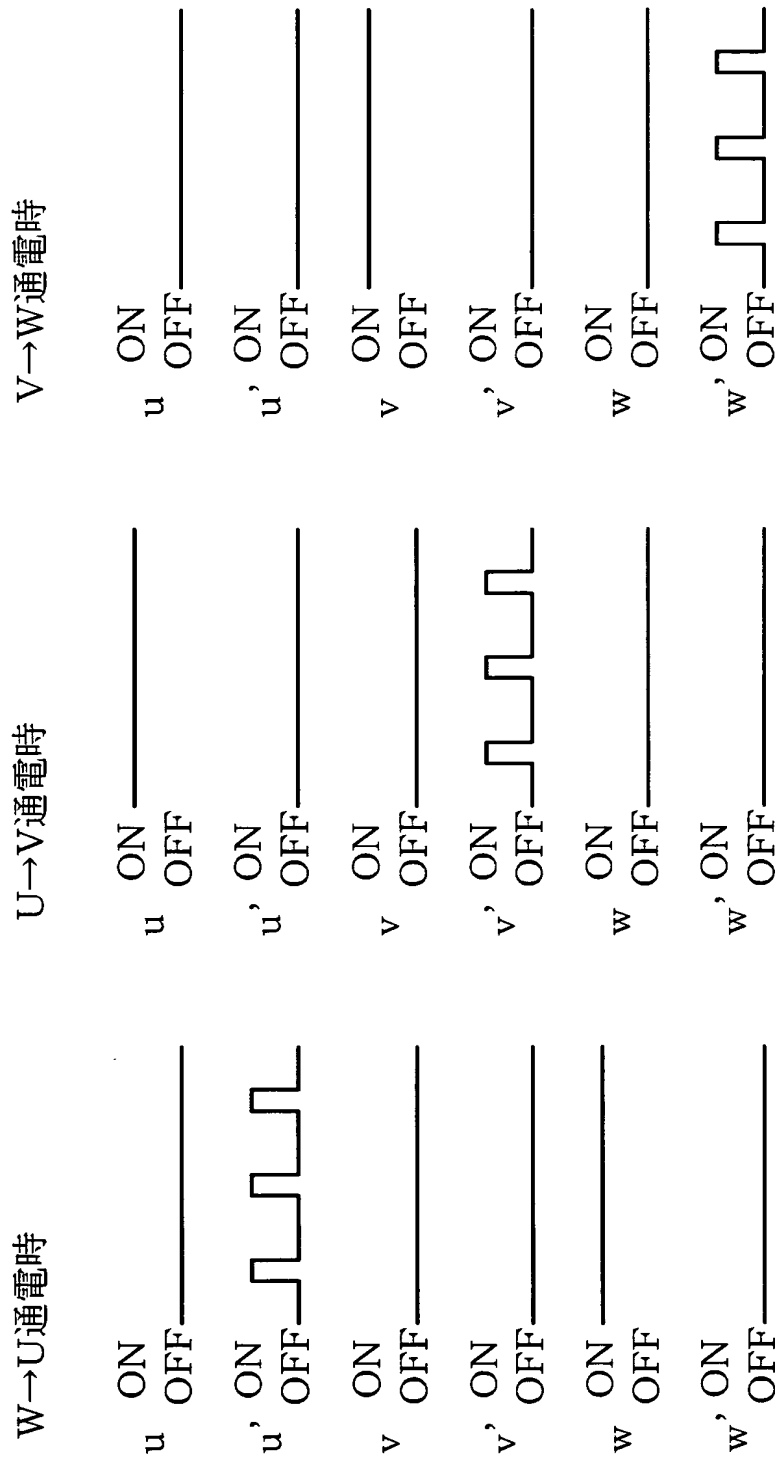
【図 12】



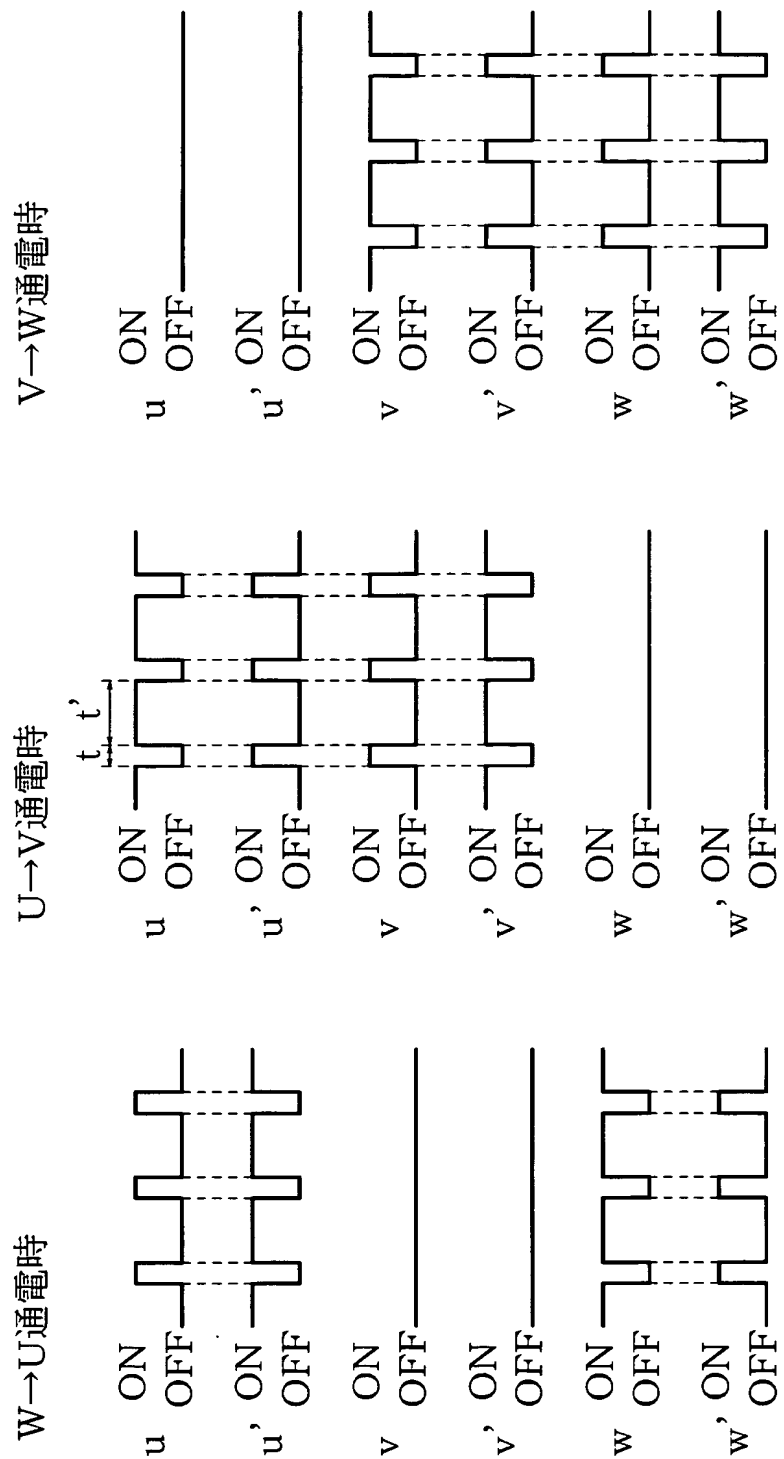
【図 13】



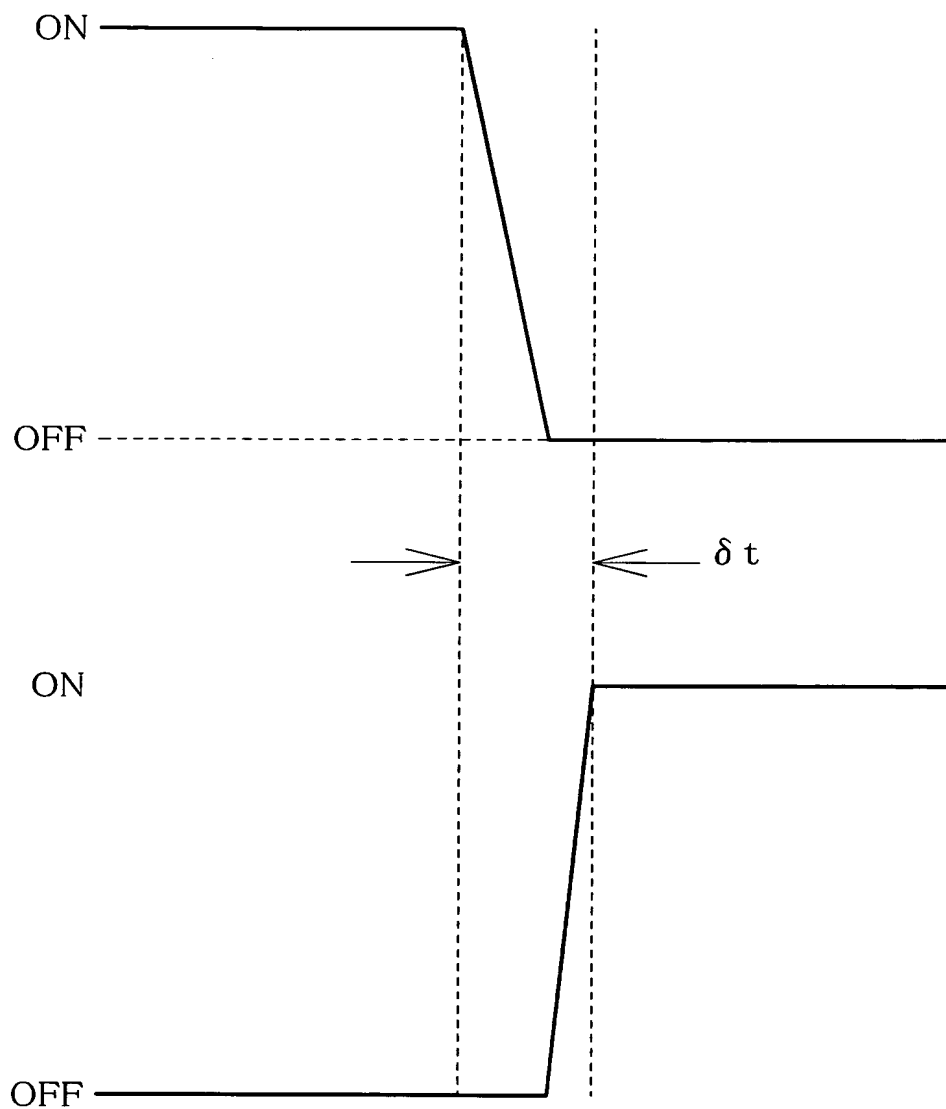
【図 14】



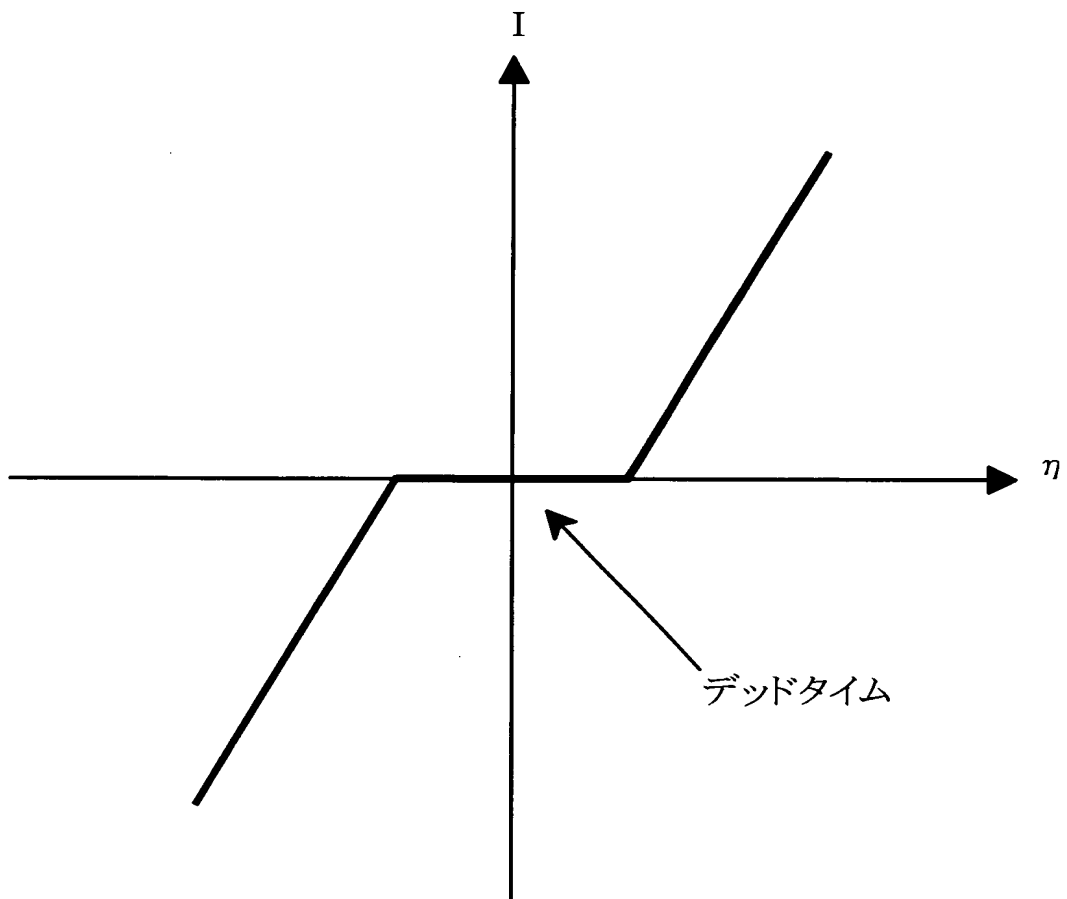
【図 15】



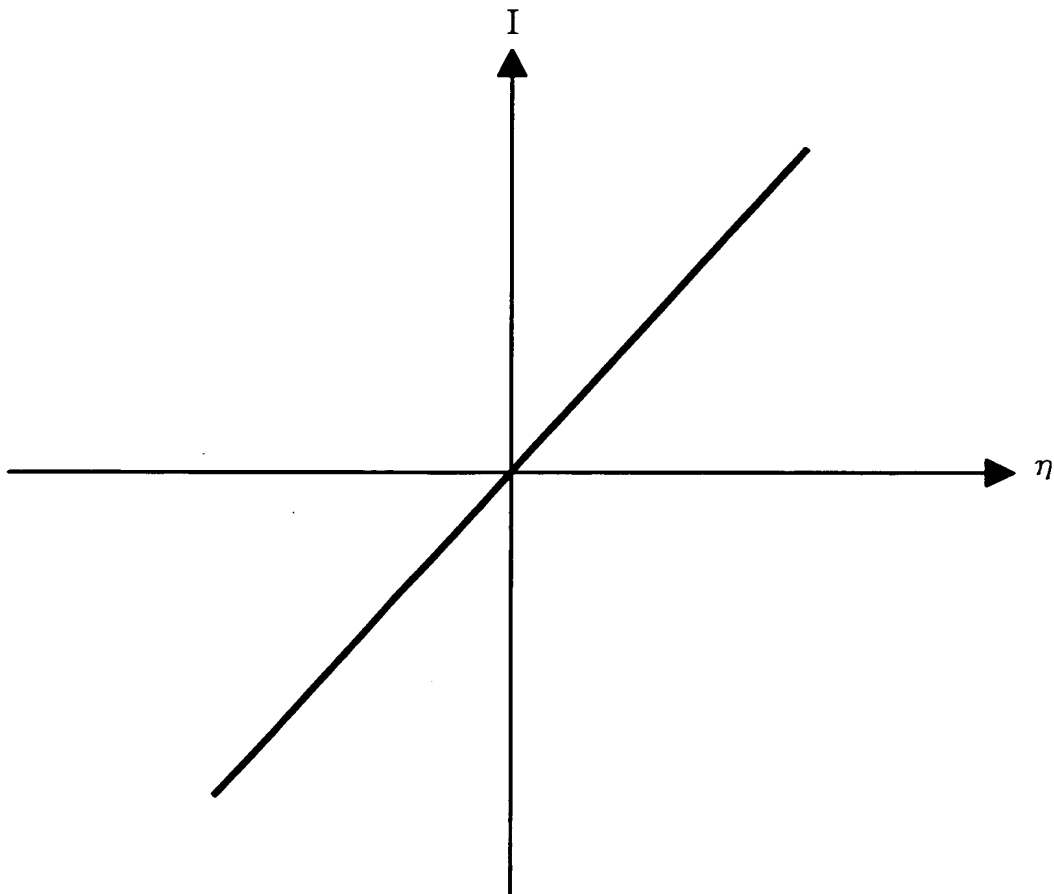
【図 1 6】



【図 17】



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 車輪操舵軸の駆動モータを P W M 制御する場合においても、モータに通電される電流検出を正確に行なうことができる車両用操舵制御システムを提供する。

【解決手段】 操舵軸駆動モータ 6 に通電される電流を電流センサ 7 0 により検出するとともに、操舵軸駆動モータ 6 を P W M 制御により回転制御する。そして、該モータ 6 の、通電に関与する 2 相のコイル対のスイッチング方式を、制御の直線性が良好な第一の方式と、フライバック電流を生じにくい第二の方式とを、操舵軸駆動モータの通電電流値に応じて使い分ける。これにより、車輪操舵軸の駆動モータがスイッチングされているにもかかわらず、モータに通電される電流検出を常に正確に行なうことができる。

【選択図】 図 4

特願 2 0 0 2 - 2 1 7 7 3 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 4 7 0]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 4 日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県刈谷市朝日町 1 丁目 1 番地
氏 名	豊田工機株式会社

特願 2 0 0 2 - 2 1 7 7 3 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 2 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社